سلسلة الدراسات الفلسفية

النمذجة العلمية وأسسها

(تارسكي - توم - اتكنز - لوغاي)



عبد القادر بشته

الدار التونسية للكتاب

النمذجة العلمية وأسسها

(تارسكي - توم - أتكنز - لوغاي)

سلسلة الدراسات الفلسفية
يديرها الدكتور عبد القادر بشته

عنوان الكتاب: النمذجة العلمية وأسسها
المؤلف: عبد القادر بشته
النوع: إيبستمولوجيا
الطبعة: الأولى 2015
الناشر: الدار التونسية للكتاب
العنوان: 43-45 شارع الحبيب بورقيبة- الطابق الأول
مدرج "د" الكوليزي - المكتب عدد 130
الهاتف/الفاكس: 98441468 -71339833
البريد الالكتروني: mtl.edition@yahoo.fr
المطبعة: الشركة التونسية للطباعة والإشهار
حي غدير غاراج 5000 - المنستير
الموزع داخل تونس وخارجها الشركة التونسية للصحافةSOTUPRESSE
ر.د.م.ك: ISBN: 978 - 9938 - 890 - 49 - 5

عبد القادر بشته

النمذجة العلمية وأسسها

(تارسكي - توم - أتكنز - لوغاي)

الدار التونسية للكتاب

الاهـــــداء

إلى روح صديقي العزيز وفقيد الفكر العربي

بشير الداعوق

تشكّرات خاصّة

تشكّراتي الحارّة إلى الباحث رئيس مجلّة بلاستير

مارك ويليام دوبنو M. W. Debono

فقد نشر لي عدّة مقالات فمهد بجدّية إلى نضج

فكرة النمذجة عندي

المقـــدمـــة

تصنيف النماذج العلمية وطرح مسألة الأسس

تصنيف النماذج العلمية
وطرح مسألة الأسس

المقدمة:

I) إن الناظر في ساحة النماذج العلمية التي ملأت الدنيا وشغلت الناس وطالت جميع المجالات يلاحظ وجود الأنماط الأساسية التالية (هذا دون اعتبار المسائل التكنولوجية التي نستثنيها في هذه الدراسة حيث نهتم بما هـو نظـري فقط).

1) النماذج الرياضية: وتوجد على هذا المستوى مدرستان رئيسيتان.

أ) النموذج الرياضي بمعناه التارسكي (Tarski)[1] وهو مجرد ولا صـلة لـه مبدئيا بالشؤون الحسية نحتـه صـاحبه في الثلاثينـات مـن القـرن المـاضي لحـل مشكل تقصير التركيب (syntaxe) وذلك تحت تـأثير النظريـة الثانيـة لجـودال (Goedel). وهذا النموذج له إرهاصاته في المنطـق الريـاضي ويـدرس اليـوم في الكليات المختصة.

1 راجع خاصة:

A Tarski Logique, sémantique, métamathématique 1972 (V1) et 1974(V2) – Ed. A Colin – traduction de Granger

ب) النموذج الرياضي بمدلوله التومي[1] (R. Thom) المعتمد على ما يسميه الكاتب بالكوارث الرياضية وهو ضرب من الرياضيات الكيفية تندرج في التبولوجيا التفاضلية التي تجذبنا بدورها إلى الهندسة التفاضلية. وهذه النمذجة التي بعثت في سبعينات القرن الماضي لها حاليا أنصارها وإن قلت سيطرتها على ما كانت عليه في الثمانينات[2].

2) وثمة ما يمكن تسميته بالنماذج الفيزيائية ونقصد تلكم النماذج المرتبطة بالواقع الحسي دون أن تغادر التجريد العقلي. ونذكر عادة على هذا الصعيد نموذج الذرة عند الفيزيائي بور (Bohr) المعروف جدا. بيد أن رقعة الواقع الحسي قد وسعت اليوم لتشمل العلوم الاقتصادية والفلاحية والسياسية والاجتماعية الخ... دون إلغاء المعنى الأصلي الذي وجدناه عند Bohr. ومن جهة أخرى فقد طرأت تغييرات على معنى التجربة وذلك تحت تأثير تيارات فكرية معاصرة

---

1 راجع خاصة

أ) René Thom Stabilité structurelle et morphogenèse Interédition 1972

ب) Modèles mathématiques de la morphogenèse – Union générale del'édition 1974

2 راجع مثلا:

أ) M. Chaperon – Stabilité structurelle et morphogénèse– Quelques Edition Peter Lang 2006.

ب) J. Petitot- Physique du sens – Ed CNRS- 1992

(النسقيون مثلا)[1] وطبعا لا يمكن لنا ذكر الأمثلة المتاحة على هذا الصعيد لذلك سنكتفي بمثالين تمثيليين وهما:

أ) لوغاي في (التجربة والنموذج) حيث نجد توسيعا للواقع ومعنى معاصرا للتجربة. هذا والكتاب المشار إليه متداول عند الطلبة ويمثل أحد مصادرهم[2].

ب) اتكنز (النماذج ذات الخانات المتعددة بالنسبة إلى الأنساق البيولوجية) حيث أوجز النمذجة التقسيمية (compartimentale) وابرز أسسها، ونجد في هذا المؤلف المفهوم الكلاسيكي للتجربة على طريقة بور تقريبا، هذا ولا شك أن لهذه التوعية من النمذجة أتباع في مجالات كثيرة مثل الصيدلة والطب والبيولوجيا بصفة عامة وهي تهم أيضا من يميل إلى التقاليد في الفيزياء[3].

II) وحتى تفهم جيدا هذا التصنيف لا بد من البحث في الأسس الكامنة وراءها والتي عادة ما يكون لها دور توضيحي هام. ونذكر منها:

---

1 ولوغاي الذي يشاطرنا التقسيم الذي قمنا به (تقريبا) يسمّى هذا النوع من النمذجة بالفيزيائية.

2 راجع:

J. M Legay – L'expérience et le modèle, un discours sur la méthode – Ed Quae Gl 1997.

3 راجع:

Atkins-Modèle à compartiments multiples pour les systèmes biologiques – G authier – Villars 1973.

1) الأسس الرياضية. ونشير على هـذا المسـتوى إلى تقسـيم عـام للعلـم الريـاضي يخـص علـم العـدد بصـفة عامّـة (الارتميتيقـا) والهندسـة بفـروعهما المختلفة. هناك فعلا اختلافات بين النمذجة المستندة في تكونها إلى علم العـدد الدافع إلى التجريـد وتلـك التـي تعتمـد عـلى الهندسـة الأقـرب إلى الإعتبـارات الحسـية. وفي هـذه الحالـة يكـون للـنماذج حيـث يوجـد تـراوح بـين العـدد والهندسة طابع نوعي.

2) ولا بـد أيضـا مـن الاسـتنجاد بالانتولوجيـا (أو الفلسـفة) المصـاحبة بالضرورة لكل عمل عقلي ولكل نمذجة ممكنة (كما أكد على ذلك رني توم).

3) وسيكون لمفهوم البراديم عند توماس كوهن مهمة توضـيحية هامّـة للنماذج الفيزيائية. فقد قصد كوهن تأسيس الفيزياء وتطورها[1].

سنخصص الفصلين الأولين لكل من تارسكي وتوم نظـرا للفـوارق الكثـيرة بينهما. ونكتفي في الفصل الثالث والأخير لدراسة نمذجة لوغاي واتكنـز اللـذين تجمعهما أكثر من نقطة تشابه.

---

1 راجع:

T. Kuhn , La structure des révolutoires scientifiques – Flammarion 1972 .

ومقالنا

Paradigne et histoire des science chez Kuhn, in Plastir n°26.

الفصل الأول

النمذجة الرياضية عند تارسكي

I- نظرية النمذجة عند تارسكي ومنطلقاتها المنطقية:

أ) نظرية النمذجة عند تارسكي: المعنى الدلالي والبعد التركيبي:

إن القارئ لنص هذا الكاتب يلاحظ بيسر أن نظريته متكونة من ثلاثة عناصر هي: 1) ثنائية اللغة وما وراء اللغة (Langage et métalangage) - وتمثل المنطلق للسياق بكامله. لنعتبر مثلا القضيتين التاليتين: 1) "إن القمر مصنوع من جبن أخضر" 2) "إن القمر مصنوع من جبن أخضر حقيقة".

1) وتتعلق القضية الأولى باللغة باعتبارها موضوعا أما الثانية فتخص "ما وراء اللغة" مصدر الحقيقة في هذه الحالة. 2) أما العنصر الثاني فيهم المتتالية التركيبية (syntaxique). وهذا يعني أن تارسكي في محاولة منه للاقتراب من الحقيقة وجد نفسه مجبرا على تحديد معيار للمطابقة فعرف المحمول "صحيح" بطريقة يمكن تكرارها لإعطاء خطابة العمومية الضرورية (Récursivité). والكاتب يستحضر على هذا المستوى الرأي الأرسطي القائل بأن الحقيقة هي ما يتطابق مع الواقع لكنه يتجاوز وجهة النظر هذه (ولا يمكن له أن يكون أرسطيا في هذا الباب كما سنرى في التحاليل اللاحقة) ليحتفظ بالمعيار التالي:

x صحيح إذا كان فحسب P وبالرجوع إلى المثال السابق هذا يعني: "أن القمر مصنوع من جبن أخضر" صحيح إذا كان فحسب القمر مصنوع من جبن أخضر.

وبالتالي فقد كان بيارجاكوب على حق عندما صرح في هذا المضمار ما معناه " لقد برهن تارسكي أن كل متكلم يفهم الجملة "إن القمر مصنوع من جبن أخضر" يفهم في نفس الوقت الجملة الثانية المرتبطة بما وراء اللغة والقائلة "إن القمر مصنوع من جبن أخضر" صحيح.

3) ونصل إلى العنصر الثالث ويخص ما يمكن تسميته بالثلاثية الدلالية (Le trio sémantique) ويتعلق بمفاهيم الإشباع والنموذج والتعيين.

- ويمثل المفهوم الأول (الإشباع: Satisfaction) اختزالا لمفهوم الحقيقة.

وعلاقة الاشباع هذه يمكن أن توجد بين صلة جاك بيبار والقول بأن x هو أخ y.

وفي الامكان الحديث عنها لما نعتبر الأعداد 2-3-5 والمعادلة y=x+3 الخ...

وانطلاقا من هذا المفهوم الأصلي وضع صاحبنا تصوره للنموذج فقال ما معناه: ليكن صنف عادي من القضايا L نستبدل الثوابت غير اللغويّة الموجودة فيه بمتغيرات للحصول على صنف من القضاياL . ونسمي نموذجا أي صنف من الأشياء يشبع (يرضي) خاصيات `L.

ونأتي الآن إلى المفهوم الأكثر اشكالية والذي كان محل نقاش واسع. ونقصد مسألة التعيين (Désignation). والأمر يتعلق في نهاية الأمر بعلاقة أصلية (Primitive) بين محمولات لغة ما وموضوعاتها المختلفة كأن نقول إن كلمة "الجزئية" (molécule) تمثل الجزئيات الطبيعية أو أن لفظ "الكترون" يعني تلك الكائنات الكهربائية الحقيقية.

وسيكون لهذه التتمة شأن كبير خاصة على المستوى الأنتولوجي والفلسفي.

ويمكن اختزال ما سبق في محورين هما الدلالة والتركيب (Syntaxe et Sémantique). إذا في الإمكان الحاق ثنائية اللغة وما وراء اللغة بالمفهوم الأول. فمعناه أقرب إليه (رغم أنه يطبق أيضا في مجال التركيب) ثم إن مكتشفيه هم أساسا من علماء الدلالة كما سنرى.

ولا شك أن نظرية تارسكي التي نحن بصددها هي نظرية دلالية. والكاتب يعلن على ذلك صراحة. فقد أعطى صاحبنا إلى علم

الدلالة استقلاليّته وصلابته في وقت كان يطرح أكثر من أشكال عند الوضعيين الذين عاصرهم والمتمسكين بمبدأ ضرورة التحقيق التجريبي. وقد تمكن هكذا من تحريرهم نسبيا. ودليلنا على ذلك أعمال كارناب التي أنجزت بعد نظرية تارسكي.

لكن هذا العالم يربط اكتشافه هذا بكل وضوح بمسألة النتائج المنطقية التي تخص التركيب وهذا يعني بدون شك وجود ارتباط ما بين التركيب ومفهومه الجديد للنمذجة.

هذا وقد وجد تاركسي إرثا واسعا في المنطق الرياضي لا شك أنه تأثر به عند وضع لنظريته. ويتكون هذا الإرث من تيارين أساسيين متداخلين وهما: 1) التيار الدلالي الذي لم يهمل التركيب لكنه أكد على علم الدلالة. 2) الاتجاه التركيبي الذي لم يغفل تماما عن علم الدلالة بيد أنه ركز عن التركيب. ولفهم النظرية التارسكية من الضروري دراسة التأثيرات السابقة على المستويين المذكورين وسنبدأ بالدلاليين وهم مور (Moore) وفراج (Frege) ورسل (Russell) مركزين على إسهامهم في تكوين المفاهيم الدلالية التارسكية. ثم نأتي إلى التركيبيين متبعين في ذلك مسارا تاريخيا[1].

---

1 في خصوص التحاليل السّابقة راجع مؤلفنا باللغة الفرنسية René Thom et la modélisation scientifique. - نشر لارماتون (L'harmathon) 1913 - من صفحة 138 إلى صفحة 140.

ب) التأثيرات الدلالية السابقة في المعاني الدلالية التارسكية:

1) لقد وجد تارسكي ثنائية اللغة وما وراء اللغة عند رسل الذي استعملهما في مناسبتين على الأقل هما: مقدمته لكتاب فيتجانشتاين (Witgenstein) الذي يحمل عنوان (Tractatus) و(نظرية الأنماط) (Théorie des types).

لكن نجدها بين السطور (غير صريحة) عند كل من فراج ومورو وفتجانشتاين. Frege, Moore et Wintgenstein: يميز الأول بوضوح بين معنى قضية ما وسندها (référence) وذلك في مؤلفه (المعنى والاشارة) (Sens et dénotation). ولسنا بعيدين كثيرا عن الثنائية المقصودة وهذا الأمر تؤكده قراءتنا للنص حيث يبدوا أن اللفظين يقابلان على التوالي ما هو لغوي وما هو خارج عن اللغة.

أما عند مور فالقضية والمفهوم على حد السواء يخرجان عن ميدان اللغة ليعانقا مجالا بعيدا عنهما متكوّنا من مفاهيم عقلية لا صلة لها بعالم الحس. وهذا يعني أنه يميز بين عالم اللغة والمجال الخارق له.

أما الأخير فرغم رفضه للتيار المنطقي يمكن القول أنه يوافق العلماء الثلاثة السابقين على هذا المستوى بالذات إذ نعلم علم اليقين أنه يميز بوضوح بين ما يقال وبين ما لا يقال يعني بين ما يمكن أن نعبر عنه بواسطة اللغة وما لا يمكن التعبير عنه أبدا.

- وبالنسبة إلى المعنى الجوهري والنوعي للنموذج التارسكي فمن البديهي أنه جديد في التراث الدلالي لكن السابقين أمثال فراج ومور ورسل (1903-1905) ابتكرو عالما من من الأفكار تمهد إلى بعده المثالي على الأقل.

- ففراج يرى أن المفهوم والموضوع (Objet) مختلفان لكنه يعتقد جازما أنهما يتلقيان باعتبارهما غير حسيين يعني مجرد تمثلين: فالعدد مثلا مهما كان مكانه في الجملة ليس إلا فكرة لا صلة لها بالتجربة. وهذا عكس وجهة نظر ستوارت مل (Stuart Mill). ونحن نعرف فعلا أن هذا المفكر يربط بشدة بين مجالي الرياضيات والواقع الحسي. هذا ولم يسلم كانط نفسه من النقد لأنه أسس علم العدد على الحدس الماقبلي والخالص. وقد خصص صاحبنا لهذا النقد كتابا مهما هو (أسس الارتميتيقا) (Les fondements de l'arithmétique).

- والمفهوم عند مور يوصلنا إلى نفس النتيجة. فهو بدوره لا ينحدر من الحس، ويلتقي مور مع فراج في نقده للرياضيات الحسية التي قال بها ستوارت مل. وفي الحقيقة لقد محا هذا المفكر بواسطة المفهوم كل فارق بين الأفكار والموجودات، ولنتذكر في هذا الصدد قولته الشهيرة: يبدو لي من الضروري اعتبار العالم متكونا من مفاهيم.

- وسينطلق رسل بين 1903-1905 من المفهوم الموري (وسيغير رأيه لاحقا متجها نحو الواقعية) وعلى كل حال ففي The principes of mathematics لا يختلف كثيرا عن سلفه الانكليزي مور. فهو يستبدل المفهوم بالكائن (The being) الفردي والمصطلح الجديد يعني عنده على هذا المستوى كل شيء له معنى وكل أمر يتم ذكره بواسطة اللغة. فحتى الوهم يدخل في خانة الكائنات بهذا المدلول. هذا مع الملاحظة أن رسل سيخرج الأوهام من مجال الكائنات وذلك في مؤلفه(1905 on denoting).

- ورغم معارضته الشديدة للتيار المنطقي فقد اقترب منهم فتجانشتين على هذا الصعيد أيضا. ويمكن ان تستحضر هنا مفهوم الشكل التصويري (la forme picturale) الذي يسمح فقط بتمثل صورة الواقع ولا الواقع نفسه وهو يعتبر في هذا الصدد ان وظيفة

اللغة تقف عند هذا الحد. وما يهمنا على هذا المستوى هو اننا نعثر مرة أخرى على المثالية المحددة لبعد مهم في النمذجة التارسكية.

- أما فيما يتعلق بفكرة التعيين désignation التارسكية فلا فائدة من البحث عنها عند فراج ومور اللذين لم يتركا المثالية المطلقة أبدا. ويتوجب ابعاد فتجانشتين أيضا. فهذا الرجل يقر بضرورة التطابق بين الفكر والواقع على الطريقة الارسطية. وفكرة التوافق هذه بعيدة عن توجه تارسكي على هذا الصعيد حيث نجد مجرد اشارة الى الكائنات الحسية. ومهما يكن من أمر فالبحث الانتولوجي وحده هو الذي سيعطينا المعنى الحقيقي لهذا المفهوم الاشكالي الذي قال به تارسكي.

لكن لعلنا نجد اجابة مرضية عند رسل الذي تطور فكرة كما أشرنا الى ذلك نحو الواقعية. وفعلا فهذا العالم يقول بمفهوم قد يقربنا من فكرة التعيين شيئا ما وذلك في المؤلف الذي كتبه بمعية واتهاد (Whiteahead) ونقصد (المبادئ الرياضية(Principia 1910) والذي ابعده عن مثالية فراج ومور. والمفهوم المشار اليه هو "الرموز الناقصة" (les symboles incomplets) وقد علق ميشال سيمور(Michel Seymour) الذي درس هذه المسالة قائلا ان الامر يتعلق بتقابلية هيكلية مع الوقائع تفترض وجود أفكار ذرية ممثلة للأحداث

هي الاخرى ذرية. وهكذا يكون تارسكي قريبا جدا من رسل على هذا الصعيد، لكن هذا الأخير سيغرق في الواقعية في أعماله اللاحقة التي ستفصله عن فكرة التعيين التي سيقول بها تارسكي[1].

ج) من الإسهامات التركيبية إلى الاعتراف بحدود المنهج الأكسيومي:

1) والبداية كانت مع بول (Boole) الذي تجاوز أرسطو بترميز الخطاب المنطقي (symboliser) وقد منح صاحبنا هكذا وظيفة جديدة للرياضيات تقتضي الاهتمام بعلاقات الأشياء. وعلى كل حال فمع بول ولدت في المنطق الصورية الحديثة وأصبح في الإمكان إحصاء عناصر الخطاب والحديث عن انسجامها. لكن هذا الرياضي لم يتجاوز نهائيا أرسطو بإعتباره لا يبحث إلا في الأصناف (classe) ولم يهتم تماما بمسألة القضايا المنطقية وسيقوم بهذه الخطوة كل من فراج ورسل ومور (Frege, Russel et Moore).

2) ويندرج البرنامج الطموح الذي قال به هلبار(Hilbert) في هذا الإطار بالذات. فحسب هذه الخطة الوفاق حاصل بين عناصر نسق مرمز(symbolisé) لذلك بيّن هذا الرياضي الكبير خلال ندوة 1900 بباريس التي خصصت للشأن الرياضي أنه في الإمكان البرهنة على

1 وفي ما يتعلق بالاسهامات الدلالية راجع نفس الكتاب من صفحة 142 إلى صفحة 145.

أن أي مشكل رياضي صحيح أو باطل لأنه كان على يقين من امكانية ادراجه ضمن نسق مترابط الأطراف بصفة مطلقة. وإجمالا فالنتيجة النهائية هي الإعتقاد الصارم أنه يمكن البرهنة على جميع المسائل المتضمنة في نظرية رياضية ما وذلك انطلاقا من مسلمات معينة.

3) وهذه النتيجة تذكرنا في الحقيقة "بنظرية الكمالية" (Théorie de complétude) التي مثلت أطروحة الدكتوراه لجودال (Gödel) سنة 1929. وخلاصة هذه النظرية هي أن كل صيغة لحساب المحمولات تفترض بالضرورة حجة صورية، ويبدو من اول وهلة.

إن جودال يكرر سلفه هلبار لكن هنتكلا (Hinticla)يميز بكثير من النباهة بين الكمالية الوصفية والكمالية الاستنباطية. ففي المستوى الأول حيث يدرج الكاتب كل من اقليدس وهلبار يقع اختيار النموذج الموافق للنظرية. أما الصنف الثاني من الكمالية والذي يخص جودال بحسب نفس المفكر فيهدف بصفة اساسية الى استنتاج نظريات من مسلمات داخل النظرية نفسها. ومهما يكن من أمر فالتطابق غير مطلق بين هلبار وجودال (Hilbert et Gödel) لكنه لا يصل إلى حد التناقض[1].

---

1 وبالنسبة إلى التحاليل الخاصة بالتركيب فقد استندنا إلى حد الآن إلى نفس الكتاب المذكور من 145 إلى 148.

4) ومهما يكن من الأمر فقد تكوّن منهج صوري ورمزي لا يعير اهتماما كبيرا لعالم المدلولات في دقته ويفرق في التعميمات المجحفة. وقدوجدت العلوم الادراكية ضالتها فيه، وتعد هـذه المعـارف امتـدادا طبيعيـا لهـذا المـنهج الـذي ساهم في انجازه المناطقة على مدى اكثر من قـرنين. ونقصـد بـالعلوم الادراكيـة الآليّـــة (Cybernétique) والنســـقية (Systémique)والـــذكاء الإصـــطناعي (Intelligence artificielle). وفعلا فهذه العلوم لا تعتنـي بمضـامين الخطـاب وتقتصر فقط على بيان تركيبات هذا الأخير. واعـتماد الـذكاء الاصـطناعي عـلى النحو أحيانا (Grammaire) لا يوصل في الحقيقة إلى المـدلولات الحقـة. ومـن ناحية أخرى فالعلوم الإدراكية تقع في التعميم من ذلك انها تعادل بسهولة بين الإنسان والآلة. ولعل الطابع التجريدي لهذه الأنماط المعرفيـة وعـدم واقعيتهـا هما اللذان دفعها إلى مفهوم الإحتمال. فاسـتعملت بكثافـة فكـرتي "الصـندوق الأسود" و"اللعب" المؤديين إليه. ومهما يكن من امر فقد نقد الرياضي الفـرنسي الشهير رني توم (René thom) هذه النوعية من العلوم بشـدة لهـذه الأسـباب ولغيرها ولعلنا نشرح هذا النقد في التحاليل اللاحقة[1].

---

1 في خصوص العلوم الإدراكية راجع نفس المؤلف المذكور. الفصل الثاني.

5) وقد كان لتراسكي توجه آخر فقد انطلق بالأحرى من " نظرية اللاكمالية " التي قال بها جودال (Gödel) بعد سنة من اكتشافه للنظرية الأولى. وقد اختلف النقاد في فهم هذه النظرية الجديدة. ومن الآراء شبه المتداولة القول بأن جودال وقع في تناقض صارخ. بيد ان الأستاذ بوفراس (Bouvresse) كان له رأي اكثر معقولية فهو يقول في هذا الصدد ما معناه: إن نظرية جودال الأولى تهتم بالكمالية الدلالية الخاصة بحساب المحمولات من الدرجة الأولى. أما النظرية الثانية فتتعلق باللاكمالية التركيبية المرتبطة بالأرتميتيقا الصورية.

ومن وجهة النظر المعقولة هذه يمكن أن نستنتج بدون عناء أن جودال لم يقع في أي تناقض بما أن النظريتين تتعلقان بمستوايين مختلفين.

وللبت في هذه المسالة من الضروري الإعتماد على نصوص الكاتب نفسه وفي هذا الصدد ليس أحسن من تفحص رسالة المؤلف إلي ليون ربيورت (Léon rappaport) يوم 2 أوت سنة 1962. فهذا النص يمثل نضج الكاتب الذي أصبح قادرا على رؤية إنتاجه بكل وضوح وجلاء. فعند حديثه عن نظرية اللاكمالية يصرح بما مفهومه " تعني نظريتي فقط أن الآلية (Mécanisation) الرياضية وحدها دون

الإستنجاد بالفكر والجواهر المجردة أمر مستحيل إذا ما اردنا الوصول إلى الأسس المحددة لنظرية رياضية مرضية" ويضيف بعد ذلك ما معناه أن "عدم انسجام المسائل الرياضية واستحالة البراهين الخاصة بصلابة (Consistance) الرياضيات ألخ... هي أفكار غريبة عما قصدت")وقد اتهم بأنه أخل بالتراث الذي ساهم فيه بعد بول وهلبار). وخلاصة القول فقد طلب صاحبنا من الصورية الرياضية عدم الإكتفاء بالآلية والإرتقاء إلى مجال الممكن. وما وراء اللغة. وهذا ما فهمه تارسكي جيدا في تعليقه على نظرية جودال الثانية. ويمكن القول اذن ان عيب الصورية الرياضية التي دققها جودال (Gödel) بطريقته الخاصة يتمثل في عدم رؤيتها لضرورة الفكر والممكن. هذا ما يراه جودال الذي أثرفي تارسكي على هذا المستوى. وبالتالي يجوز الاقرار بأن الاسهام الأساسي للتركيب عند تارسكي هو إثبات حدوده[1].

وبهذه الصفة تكون نظرية النموذج عند تارسكي المخرج الدلالي للمأزق الذي أوصلنا اليه التركيب. انها بدون شك الحل للمسألة التركيبية المتصلة بالنتيجة المنطقية (conséquence logique) كما يحلو له ان يقول.

---

1 وبالنسبة إلى علاقة جودال، (Gödel) وترسكي في خصوص حدود التركيب راجع المؤلف نفسه من ص 148 إلى ص 150.

II- الاسس: من الانتولوجيا الى الرياضيات

1) الانتولوجيا: المثالية الرياضية والافلاطونية

أ- والمستوى الدلالي له بـالضرورة دلالات انتولوجيّـة وهـذه الحقيقـة لم تغب عن النقاد. وفي هذا الباب يجب الملاحظة ان اساتذة تارسـكي غـارقون الى العنق في المثالية كما يتضح مما قلنا ونقصد كلا من فراج ومور ورسل (1905). فقد لاحظنا أن هؤلاء المفكـرين لا يعترفـون بالوقـائع ويكتفـون بالتعامـل مـع الافكار والمفاهيم ومثاليتهم هذه رياضية لأنهم يعتمدون بشـكل أسـاسي عـلى الفكر الرياضي.

أمـا بالنسـبة الى وريـثهم تارسـكي فـ"التعيـين" (Désignation) يمثـل اشكالا حقيقيّا يتوجب النظر فيه.

فهل يجوز في هذا الاطار قبول وجهة نظر بوبر (Popper) القائلـة بـأن تارسكي قد اعاد نظرية التوافق المطلق مع الاحداث الحسية؟ وهي نظرية قـال بها أرسطو واتبعه في ذلك الكثيرون أمثال رسل ما بعد 1910.

ونحن لا نعتقد ان هذا الـرأي صـائب لأن التعيـين التارسـكي لا يسمح بتغطية الواقع كله بل فقط بالانفتاح عليه بواسطة جملة مـن الاشارات التي تدل عـلى عنـاصر أصـلية (primitifs) لا غـير. زد عـلى

ذلك فالتجريبيون الواقعيون امثال فيلد (Field) وبوتمان (Butman) يـرون أن نظرية تارسكي لا تكفي لتبرير نظريتهم الواقعية.

وعلى كل حال فتصريحات تارسكي تبعده عن الواقعية المطلقة التي قال بها بوبر في هذا الصدد، فهو يقـول مـثلا مـا معنـاه: إنـه مـن الصـعوبة بمكـان التوفيق بين هذه النظرية (والمقصود هو مسـألة التعيـين أساسـا) والمصـادرات الفيزياويـة (physicaliste) باعتبـار أن المفـاهيم الدلاليـة لا يمكـن أن تكـون مفاهيم فيزيائية، والكاتب يشير هنا إلى تيار التجريبية المنطقية التـي عاصرهـا والتي تتسم بواقعية مؤكدة أراد الكاتب الابتعـاد عنهـا صراحـة في هـذا الـنص الذي اكتفينا بتلخيصه.

وبالتالي فالكاتب لا يقبل التأويل الذي قدمه بوبر (Popper). وبالمقابل يبدو أن كواين (Quine) قد حذف مفهوم التعيين عند تارسكي. فهـو يقـول في نـص(1953) From a logical point of views إن مـنهج تـاركسي يمـنح الحقيقة درجة كبرى من المعقولية فقط.

ونحن نرى في النهاية أن نظرية تارسكي ككـل تنـدرج في المثاليـة الرياضية بصـفة أساسـية لكنهـا منفتحـة بصـفة بدائيـة وأصـلية عـلى الواقع. وهذه الإضافة لن تخرج في الحقيقة صاحبنا من معدنه الأصلي يعنـي المثاليـة الرياضـية التـي تبقـى المجـال الأصـلي والأسـاسي الـذي

تحرك فيه الكاتب متبعا في ذلك الاتجاه الدلالي السابق. وعلى ذكر هذا التوجه فقد واصل رسل في طريق المثالية سنة 1910 رغم انفتاحه الضئيل على الواقع. وقد لمحنا إلى هذه الحقيقة من قبل[1].

ب) وهذه المثالية الرياضية تعني عند الأنجلو سكسونين الذين أثروا في تارسكي "الأفلاطونية". ويقصدون بهذا المفهوم الذي يسمونه أيضا "بالذرية الأفلاطونية "معنى دقيقا. فهم يرون في هذا الصدد أن المشروع الأساسي لأفلاطون هو ضمان موضوعية القضايا الرياضية وصحتها. ويعتقدون أنه للوصول إلى هذه الغاية ينبغي تأسيس الخطاب على عناصر لغوية ذرية ومثالية. ولبلوغ نفس الهدف يجب بحسب رأيهم الابتعاد عن الحس السليم وعن اللغة الطبيعية وهم يدحضون على هذا المستوى دائما باسم الأفلاطونية كل تكون للأفكار والمفاهيم انطلاقا من التجربة.

وقد نحت الأنجلو سكسونيون هذا المصطلح واتبعوه لرفض الهيجلية الجديدة أساسا (Le néo-hégélianisme) المتواجدة على الساحة الفكرية في ذلك الوقت. فالانتولوجيا المرفوضة تؤدي إلى منع التحليل وبطلان التقسيم الكلاسيكي للقضايا إلى موضوعات ومحمولات وكل

1 ونجد هذه المناقشة حول مسألة "التعين" في مؤلفنا المذكور ص 143/142.

هذا باسم وحدة الكل. وواضح أنه لا يمكـن لمـور ورسـل (Moore et Russel) قبول هذا الرأي.

ويشـاركهم في هـذا التوجـه زملاؤهـم الجرمـانيون ونعنـي مـثلا فـراج (Frege) وقنجنشـتاين (Wittgenstein) في (Tractatus)، وفي الحقيقـة لقـد انطلق الجميع من عناصر دلالية ذرية. وقد رفض الجميـع وبـدرجات متفاوتـة الاعتماد على اللغة الطبيعية وجنحوا إلى الاستناد إلى الخطاب الصوري، ويتفـق جميعهم بدون اسـتثناء حـول عـدم قبـول القـول بالمصـدر التجريبـي للأفكـار والمفاهيم. ونحن نتذكر في هذا الصدد رفض كـل مـن مـور ورسـل وفـراج لآراء ستوارت مل الخاصة بالمنبع التجريبي للأعداد.

ويبـدوا أن تارسـكي قـد تـأثر بالأفلاطونيـة كـما فهمهـا سـابقوه (لـيس بالضرورة عن وعي) فهذا الرجل ينطلق بدوره من عنـاصر لغويـة ذريـة. ومـن ناحية أخرى فهو لا يعـير أي اهـتمام إلى اللغـة الطبيعيـة وقـد حـاول تلميـذه دفيسون (Davisson) نقل لغة المنطق إلى اللغة العادية لكـن بـدون جـدوى. ويتضـح مـن تحاليلنـا السـابقة أن اجـراءات هـذا الكاتـب والمفـاهيم التـي يستعملها لا علاقة وطيدة لها بالميدان التجريبي، وقد بينا أن مسألة التعيـين لا تخرج صاحبنا من المثالية الحقيقة.

- وخلاصة القول هي أن تارسكي وسابقيه افلاطونيـون بـالمعنى الانجلـو سكسوني للكلمة. لكن هذا المدلول هو مجرد اختزال للأفلاطونية قد لا ينطبـق على النظرية الأفلاطونية (وقد عرف الانجلـو سكسـونيون بهـذا التوجـه خلافـا لزملائهم الموجودين في القارة)[1].

بيد أن النظر في نصوص افلاطون بعيدا عن الاختـزال الانجلـو سكسـوني يسمح بترسيخ المثالية الرياضية لدى هذا الفيلسوف اليوناني الكبير.

فهذه المثالية موجودة قبل بلوغ الجدلية والأمر يتعلـق هنـا أساسـا بمـا أسماه النقـاد بالطريقـة الاسـتردادية الأفلاطونيـة. وهـذا المـنهج يعنـي إجـمالا الارتقاء إلى فرضـيات فكريـة بحتـة انطلاقـا مـن الحـس. وهـذا الأخـير غـامض بطبيعتـه، ولتوضـيحه وتنظيمـه يجـب الاسـتنجاد بالعقـل، واسـتعمال العقـل موكول إلى رجل الرياضيات الذي يحدد كبر الأشياء الحسية وصغرها الخ...

لكن الرياضي لا يعتـبر في الحقيقـة الحـس في حـد ذاتـه بـل يقـف عند أصول تمثل الحسـيات وبالتـالي فعلاقتـه بالمحسوسـات غـير مبـاشرة. إنه يتناولها بصـفة غـير مبـاشرة بواسـطة تلكـم الأصـول الفكريـة. ونـص

1 وحول هذا المعنى الدقيق للأفلاطونيـة واسـتخدامها راجـع نفـس المؤلـف صـفحة 145 وصفحة 146.

(الجمهورية) واضح تماما في هذا المضمار إذا هو يتحدث بكل جلاء عن المربع في ذاته (En soi) وفي الخط القطري في ذاته الخ...

يمكن الحديث إذن عن فكر رياضي انساني عند أفلاطون. وهذا الفكر يتحرك على مستوى عقلي: فرضيات، أصول فكرية الخ... بحيث لا نغادر معه مستوى المثالية.

- والجدلية تؤدي بنا إلى ما يسمى تقليديا بنظرية المثل الأفلاطونية والتي نجد لها عدة نسخ في الارث الأفلاطوني.

وعلى كل حال فالأكيد أن نظرية المثل هذه تتضمن نماذج مثالية رياضية (archétypes) على ملك الرب. ومن ناحية أخرى يمكن القول (رغم تردد بعض النقاد في هذا الشأن) أن هذه النظرية الإلاهية هي أساس النظرية الانسانية التي عثرنا عليها في ما قبل الجدلية[1].

وجلي إذن أن هذا التلخيص للفكر الأفلاطوني من الناحية التي تهمنا (والتلخيص يختلف عن الاختزال) يقود إلى القول أيضا بوجود متأكد للمثالية الرياضية عند أفلاطون لكننا لا نعتقد أن المثالية الالاهية تهم تارسكي وصحبه بل نرى أن المثالية الانسانية هي التي تعنيهم.

---

1 وهذا المعنى للمثالية الأفلاطونية كما لخصناها موجود في مقالنا المنشور في Dogrma بعنوان Les modèles scientifiques en philosophie.

2) الرياضيات: من العدد إلى العقل الخالص والشامل

أ- وكما اقترن المنحى الدلالي بالبعد الانتولوجي والفلسفي فقد ارتبط المنطق بالعدد عند المفكرين الذين وقع ذكرهم (يمن فيهم تارسكي) وهذا يعني أن للتركيب (Syntaxe) دلالات عددية مؤكدة وهو الذي يمثل جوهر المنطق الصوري والرمزي الحديث. ونحن نشير هنا إلى الارتمتيكا والجبر والعمليات المعتمدة فيهما كالحساب (calcul) والقيس الخ... وطبعا لا يمكن لنا في هذا المقام الا الاشارة إلى بعض الأمثلة لأن الموضوع شاسع ويتطلب لوحده مؤلفا كاملا.

- فبالنسبة إلى بول (Boole) فقد نتج عن استعماله للمنطق المذكور ما يسمى تقليديا "جبر بول" (L'algèbre de Boole) ويهتم هذا الحساب بالعمليات الخاصة بالمتغيرات المنطقية وبتوابعها (Fonctions) وقد كان لهذا الضرب من الحساب شأن كبير في ذلك الوقت.

- أما خلفه هلبار Hilbert الذي واصل مساره ودققه فهو صاحب نظرية لا تقل قيمة عن "حساب بول" (وهكذا نسمي أيضا "جبر بول)" ونقصد "نظرية الثوابت" المتوافقة مع نظريته التركيبية القائلة بضرورة انسجام النظريات الحسابية (Arithmétique) وقد اهتم الرجل بالعدد أيّما اهتمام وهذا يلاحظ في دفاعه المستميت عن نظريات

كانتور حول الأعداد غير النهائية (Transfinis). ويحدث أن يشير صاحبنا إلى الهندسة (مثل ما حصل في خطاب 1900 المشار إليه) لكن ما يهمه في الحقيقة هو البرهنة المنطقية والعددية. والمعروف أن هذا الرياضي الكبير هو صاحب أول نظرية في البرهنة المنطقية المعتمدة على الأعداد بصفة أساسية.

- وفي الحقيقة لقد واصل جودال (Gödel) على نفس الدرب العام الذي اتبعه سابقوه. والمتمعن في نظريتيه الشهيرتين اللتين قيل (بكثير من التسرع) انهما تتضمنان تناقضا صارخا وأيضا في مراسلاته (وقد أشرنا إلى واحدة منها) يلاحظ بيسراته من فصيلة بول وهلبار. لقد كان مثلهما متيما بالتركيب المنطقي وبالتالي بالعدد والحساب هذا رغم أنه أول من فتح الباب إلى إعطاء الدلالة القيمة التي تستحقها.

- ومن ناحية الدلاليين الذين لم يهملوا رغم ذلك التركيب فنذكر فراج (Frege) ورسل (Russell).

فقد عرف الأول ببحوثه العديدة والمتميزة في مجال حساب المحمولات وأيضا في حساب القضايا. ويعد المستوى الثاني "تجاوزا حقيقيا لأرسطو. وسيقوم رسل من بعد بنفس الخطوة وقد حصل هذا في إطار ممارسة المنطق الصوري والرمزي الصرف. أما على

الصعيد "الفلسفي" في علاقته بالتقنيات المنطقية فقد أسس الأرتميتيقا في مؤلفه الذي يحمل العنوان نفسه حيث استنتج علم العدد أو الأرتميتيقا من المنطق كما حددناه.

أما بالنسبة إلى رسل (Russell) فقد الف بمعية وايتهاد كتابا هاما في نطاق تقنياته المنطقية يحمل عنوان المبادئ الرياضة (Pricipia Mathematica) وهذا الكتاب لا علاقة له طبعا بما كتب نيوتن بل يمكن اعتباره مجرد رد على أعمال بينو الخاصة بأكسيمة الأرتميتيقا (Arithmétique) هدفه الأساسي توضيحها وتدقيقها. ومن ناحية أخرى فقد طرح هذا الكتاب الأساسي في مسيرة رسل المنطقية مسألة التناقضات التي وقع فيها فراج (Frege). في مؤلفه المذكور آنفا وقد ابدى رسل (وزميله) على هذا المستوى تقنيات عالية في ميدان المنطق الحديث. وهذا المثال المهم يكفينا لبيان أن العدد قد ارتبط عند رسل بمجال التركيب كما فهمناه.

- وقد اشتغل تارسكي في نفس الإطار فاهتم بالجبر أيما إهتمام ويعتبر الرجل من كبار المختصين في هذه المادة. فما يسمى تقليديا بنظرية تارسكي دليل على ما نقول (Théorie de Tarski). هذا وقد استعمل تارسكي هنا تقنيات جبرية ومنطقية قريبة جدا من التقنيات المعتمدة في نفس الاختصاص عند جودال (Gödel) وتهتم هذه النظرية بتعريف مجموعة من الأعداد الصحيحة في لغة الارتميتيك

(Arithmétique)، وعالمنا يرى في هـذا الصـدد ضرورة العثـور عـلى صـيغة في هذه اللغة لا يمكن التحقق منها إلا بواسطة الأعـداد الصـحيحة المكونـة لهـذه المجموعة[1].

- والعلوم الإدراكية (Sciences cognitives) التي هي امتداد للمـنهج الذي أسسه بول وصحبه استعملت المنطق الصوري بكثافة. وقد أكد العديـد من النقاد على هذه الحقيقة البديهية في حد ذاتهـا. ونـذكر هنـا عـلى سـبيل المثال كلا من كوفينيال (Louis Couffignal) وجان دانكـو (A. J Danko). بيد أن هذا البعد المنطقي واضح خاصـة في الـذكاء الاصـطناعي artificielle intelligence. وقـــد أكـــد الفـــرنسي بـــوني Bonnet في مؤلفـــه المخصـــص لهذه المادة الادراكية على هذا الأمر. وهو يتعرض الى هـذه المسـالة في الجـزء الثالث من كتابه. وعند حديثـه عـن المعرفـة الوصـفيّة المسـتعملة في الـذكاء الاصطناعي يقر بأن هذا الضرب مـن المعرفـة يسـتند بـالضرورة الى الصـورية المنطقية من الدرجة الاولى يعني حساب القضايا وحساب المحمولات. أمـا في ما يتعلق بالمعرفة التفسيرية المستخدمة هي الاخـرى في الحاسـوب فالكاتـب

---

1 وفي خصوص هذه الأفكار العامة المتعلقة بعلاقة المنطـق (التركيـب) فهـي موجـودة في أمهات الكتب ذات الصلة راجع مثلا.

1) Jule Vuillemin – La philosophie de l'algèbre PUF 1962
2) Pierre Jacob: - L'empirisme logique. Ed Minuit – 1990
- De Vienne à Cambridge – Galimard 1980

يتحدث عن صورية أكثر تعقيدا. وهو يذكر في هذا الصدد مثلا شبكات المعـاني والقواعد الانتاجية والوحدات الهيكلية الخ...[1].

ولا غرابة اذن ان يوجد التكميم (يعني العدد) بكثافة في هذه العلـوم. فهي تكمم الاعلام information الذي هو هـدفها الاول بالاسـتناد الى نظريـة شـانون Shanon التـي هـي في نهايـة الامـر مجموعـة مـن القواعـد السـامحة بتكميم المحتوى الوسط لعدد معين من الرسائل وقد خضعت هذه العلوم من جهة أخرى إلى العدد على مستوى مفهومين هامين فيها هما كما اسلفنا اللعب (jeu) والعلبة السوداء (boite noire) والاحتمال هو سـيد الموقـف عـلى هـذا المستوى [1 مكرّر].

وفي نفس السياق لا بأس من التذكير أن لوماني (Lemoigne) وهو احـد رواد النسقية الفرنسية قد اخضع نسقه الى الاحتمال والإحصاء كسائر النسقيين وأيضا الى مفاهيم عديدة وجدها في ديناميك الحرارة مع اخراجها مـن اطارهـا الواقعي والتجريبي الذي ميز هذا العلم. وعلى كل حال فقد تعرضـنا الى هـذه المسألة في مقال لنا باللغة الفرنسية[3].

---

1 راجع مقالنا حول نقد العلوم الإدراكية في Plastir n°27

1مكرّر راجع المقال نفسه.

3 راجع مقالنا حول لومواني (Lemoigne) في Plastir n°32.

ب) وهذا المستوى الرتكيبي والعددي يزج بنا في عقلانية ذات درجة عالية. فالمنطق هو عين العقل أما في خصوص العدد فالامر لا يتعلق هنا بمقادير تمثلها اشكال هندسية ومرتبطة أشد الارتباط بمفهوم التناسب ونقصد تلك النوعية من الرياضيات المؤدية إلى الفكر الهندسي وإلى الاعتبارات الحسية رغم بعدها العقلاني الأكيد، وقد وجدت هذه الرياضيات عند اليونانيين ولخصها اقليدس في الكتاب 5 من (الأصول). وتواصلت سيطرتها عند الكلاسيكيين أمثال غاليلي (وحتى نيوتن في أغلب صفحات كتاب (المبادئ)). لكن انطلاقا من نهايات القرن 18 (وعلى الأرجح عند لابلاس) وقع اكتشاف مفهوم جديد للعدد لا صلة له البتة بالحسيات. واستمر هذا المد التجريدي بعد ذلك وبلغ أوجه في نهايات القرن 19 عند كل من كنتور (Cantor) وزرميلو (Zermelo) وغيرهما وذلك عند تحديدهم للمجموعات والأعداد ذات العلاقة بها.

بيد أن التيار الرياضي الآخر لم يندثر بل تواصل بعد الكلاسيكيين محافظا على جوهره الهندسي ومبعدا لكل ما هو ظرفي ومرتبط بخصوصيات العصر. فقد وقع مثلا استبدال المنفصل اليوناني المرتبط بالأعداد الصحيحة وحدها بالمتصل المضمر لفكرة اللامتناهي المرفوضة بصفة قطعية عند الفيتاغريين وحتى عند أفلاطون وللأعداد

الصماء التي ازعجت أهل اليونان (وحتى التقدم الحاصل في مينون فكان حلّه هندسيا لا غير).

وإننا لنجد هذا التوجه عند المحدثين في (نقد العقل الخالص) حيث أخضع كانط العدد إلى الحدس الماقبلي فحدد هكذا مقادير هندسية مختلفة عن الأعداد المجرّدة. وفي الحقيقة يعتبر نقد فراج (Frege) لهذا المفهوم الكانطي في غير موضوعه. فقد كان كانط مهندسا بينما الارتميتيكا بمعناها الدقيق هي اختصاص خصمه.

ومن الطبيعي اليوم أن يوجد نوعان من الفكر الرياضي في عموميته: 1) فكر عددي ويمكن القول إن فراج (Frege) يمثله في (أسس الارتميتيكا) Les fondements de l'arithmétique و2) فكر هندسي ويتزعمه بروار (Brower) بعد كانط ويسمى هذا التوجه تقليديا بالتيار الحدسي[1] (Intuitionniste).

---

1 هذا وقد حللنا بإطناب هذا النقاش المتعلق بهذين المنهجين في الفكر الرياضي في مؤلفنا (الرياضيات والفيزياء عند أفلاطون وكانط) دار النهضة العربية ببيروت 2008 – ص15 إلى ص20.

بقي أن نشير إلى مفارقة تخص الفكر الأفلاطوني:

1) لقد أشرنا إلى أن هذا الفكر يرمز إلى المثالية المطلقة و2) إلى أن هذا الفيلسوف مهندس بالأساس. والهندسة هي أقل عقلانية من الجبر ولها علاقة ما بالحسّ كما يمكن أن نستنتج من تحاليلنا السابقة.

وإجابتنا هي بإيجاز:

1) إن ما أتاه أفلاطون يعتبر قمة العقلانية مقارنة بالزاد الفيتاغوري من قبله والارث الارسطي من بعده.

2) إن عقلانية علم العدد مقارنة بقرب الهندسة من الاعتبارات الحسية هو نتيجة حتمية لتطور نظرية العدد التي كانت في بداياتها الأولى عند اليونانيين.

وجلي أن المناطقة (التركيبيين) الذين وقع ذكرهم بمن فيهم تارسكي نفسه قد انخرطوا في المدرسة الاولى يعني ذلك التوجه القائل بالعدد المجرد الذي لاصلة تذكر له بعالم المحسوسات. فقد دافع جلهم وبدرجات متفاوتة عن الكائنات الوهمية (Chimérique) من أعداد ومجموعات التي قال بها كنتور Cantor. وما فراج Frege في الواقع إلا فرد من العائلة الموسعة المكونة لهذا الاتجاه.

ومن ناحية أخرى فقد نتج عن تحاليلنا الخاصة بالمنحى الدلالي والانتولوجي القول بعقلانية ذات درجة عالية. وبذلك يكون هناك توافق تام من هذه الوازية بين الصعيدين. 1) الدلالي والانترولوجي و2) التركيب والعدد. وفي الامكان الحديث اذن في خصوص هذه النمذجة التي نحن بصددها عن عقلانية خالصة وشاملة.

خاتمة من تارسكي الى توم (Tarski et Thom)

وخلاصة القول ان النمذجة التارسكية المستندة الى ارث دلالي وتركيبي تعرضنا اليه بايجاز حقل من حقول العقلانية الخالصة لم يخرجه منه في الحقيقة مفهوم "التعيين" الذي يجعلنا فقط منفتحين على الواقع بصفة بدائية واصلية.

هذا وستكون النمذجة عند الرياضي الفرنسي ريني تون Rene Thom مختلفة عن نمذجة تارسكي رغم طابعها الرياضي كما سنرى.

الفصل الثاني
النمذجة الرياضية عند توم

I- المضمون العلمي بين الإطار النظري ونوعية النموذج:

أ) الإطار النظري: موفوجينيز، المصدر والبعد اللاتجريبي:

1- يبدأ الكاتب تحليله بتوضيع معنى المصطلح الفرنسي Morphogenèse الذي اكتفينا بتعريبه، وهذا اللفظ يتضمن بدون شك مضمونا مهما جدا في نسق رني توم وفي نوعية نمذجته[1].

وهذه الكلمة تعني لغة (وبدون اعتبار رني توم) مجموعة من القوانين المحددة لشكل الأنسجة والأعضاء والأجسام. وبمعنى مجازي يقصد بنفس الكلمة أحيانا تكون المدن.

ومن المهتمين بهذا الموضوع نذكر:

- بيار فرنسوا بيراك Pierre François Pireck
- بيترس ستيفن Peter S Steven
- آلان تورن Alan Turing

ولعل هذا الأخير يقربنا أكثر من النمذجة التي نحن بصددها. فقد وضع تورن سنة 1952 نظرية عرفت رواجا كبيرا ووقع التحقق منها تجريبا بعد 40 سنة تقريبا. ويندرج هذا البحث في التحليل النظري غير التجريبي انطلاقا من ثنائية التفاعل/الانتشار (Réaction/diffusion).

1 منطلقنا هنا هو مقال لتوم بعنوان: Une théorie dynamique de la morphogenèse (1966) وهو يسبق مؤلف الكاتب الأساسي Stabilité structurelle et morphogenèse ويلخصه (1972).

أما رني توم فهو يقول مفسرا للمصطلح المذكور ما معناه: "أقصد بهذا اللفظ كل سيرورة تؤدي إلى خلق أشكال أو تدميرها". (فكرة التدمير موجودة أيضا عند تورن). ويضيف صاحبنا ما مفهومه: "إننا لا نهتم في هذه الحالة لا بطبيعة الأساس ولا بطبيعة القوى التي أدت إلى حدوث التغييرات". وهذا يعني أن مشروعه نظري هو الآخر (وهو يلتقي مرة أخرى مع تورن) وهذه الفكرة ستتضح لاحقا.

هذا والملاحظ أن الكاتب يبعد صراحة وجهة نظر بعض الصفائيين (Puristes) الذين يذهبون إلى القول بأن اللفظ الفرنسي لا يستعمل إلى للدلالة على ظهور أشكال جديدة خلال تطور الأنواع (في إشارة إلى نظرية داروين). ويرى رني توم على هذا المستوى أن الكلمة الانكليزية Morphogenesis لها معنى أعم بما أنها تعني تكون الجسم انطلاقا من الجنس (وحسب ما تقدم فقد أعطى تورن الانكليزي معنى أكثر عمومية لنفس الكلمة).

ومهما يكن من أمر فواضح أن اللفظ المذكور (Morphogenèse) يتضمن فكرة الشكل (Forme) التي ستمثل مدارا مهما جدا في النمذجة التومية.

2- وبعد ذلك يدلنا الكاتب عن مصدري نظريته. وهذه الإضافة ستحدد إلى حد كبير نوعية النمذجة عنده وهو يصرح في هذا الصدد بما معناه أن فكره صادر عن الوصل بين اختصاصين وهما:

أ) اختصاصه الأصلي كرياضي المتعلق بالتبولوجيا التفاضلية وب) علم الأجنة على طريقة زميله ومراسله وادنتون (Waddington).

لكن يبدو أن دور العنصر الثاني يقتصر على تأييد العنصر الأوّل وتأكيده. إذ يقول صاحبنا ما مفهومه: "إن أفكار وادنتون تتوافق على الوجه الأكمل مع البنية المجردة التي تضمّنتها نظريتي الخاصة بالتبولوجيا التفاضلية". وخلاصة القول فسياق النص الذي نحن بصدده يدل على أن توم يعطي الأولوية للتبولوجيا التي تمثل اختصاصه الأولي.

وطبيعي جدا أن ينطلق المنمذج بصفة عامّة من اختصاصه وان استنجد بأفكار أخرى لتأييد توجهه الأصلي. فقد رأينا في الفصل الأول أن تارسكي قد انطلق من تخصصه في الجبر واستعان في نفس الوقت بأفكار أخرى مثل تلك التي وجدها عند رسل ومور وغيرهما. وفي نفس السياق لنا حظ أن صاحبنا ينفصل على هذا المستوى عن تورن Turing الذي لم يعط قط التبولوجيا التفاضلية حق قدرها بل تاه بين العدد وهندسة بدائيّة لا علاقة لها بالمنحى الذي اتبعه توم.

هذا ويوضح الكاتب في نفس النص فكرة سيؤكد عليها طويلا في مؤلفه الأساسي (1972)[1] وتخص صلة التبولوجيا التفاضلية بما يمكن تسميته بالاستقرار الهيكلي (Stabilité structurelle)، إذ يقول توم ما معناه: لنعتبر شكلا هندسيا يعرّف بواسطة رسم بياني (Graphe) لدالة $F_{(x)}$ مثلا. نقول أن هذه الدالة (Fonction) مستقرة هيكليا لمّا نشوش عليها قليلا فنجد دالة أخرى لها نفس الشكل.

ويتعلق الأمر في الحقيقة باضطرابات لامتناهية الصغر لا تغير في شكل الدالتين، المتعاقبتين. ونحن نعثر هكذا على فكرة التفاضل التي ستحدد بجدية النمذجة التومية.

ويمكن القول أن هذا الرياضي قد أوضح موضوع فكره ومصدره. وتأكيدا لتوجهه النظري الذي أشرنا إليه في التحاليل السابقة سنبيّن الوجه اللاتجريبي لفكره.

3) إن تفسير لفظ (Morphogenèse) يتضمن القول بالبعد اللاتجريبي بما أن الأشكال المعنية ليست لها علاقة بالأساس (substrat) المفترض ولا بالقوى التي تسبب التغييرات.

---

1 Stabilité structurelle et Morphogenèse1972

وهذه الفكرة تسمح لنا بالحديث عن رفض ضمني للطريقـة التجريبيـة (La méthode expérimentale).

وسيكون خطاب الكاتب أوضح في نفس النص وذلـك عنـد حديثـه عـن استقلالية الأساس (L'indépendance du Substrat)، إذ يصرح بما معناه: "أن الفكرة الأساسية التي تستند إليها نظريتنا تتمثـل في الاقـرار بـأن فهـم سـيرورة الأشكال (Processus morphologique) ممكن بدون اعتبار خصائص أسـاس هذه الأشكال". ويضيف: "أن هذا الأمر يبدو صعب القبول من قبل التجريبيين المتعودين على مصارعة واقع يصدمهم باستمرار". ولتوضيح وجهة نظره يعطي روني توم مثالين:

1) بويضة ضفدع منقحة لا نعلم طبيعة أساسها (Substrat) ومع ذلـك في الإمكان التنبؤ بمصيرها.

2) شاطئ صخري مهيأ في تاريخ معين وأساسه محدد بعناية ورغم ذلك فتوقع سيرورته المستقبلية مستحيل.

- ومهـما يكـن مـن أمـر فالبعـد اللاتجريبـي والتصـوري منـتشر في أثـر الكاتب، وقد أكد عليه مثلا لوغاي في مؤلفه الصغير[1] وسنكتفي بالتذكير بـبعض النصوص.

---

1 L'expérience et le modèle: un discours de la méthode – Ed Quae1997

وبصفة عامّة لقد فضح توم أوهام التجريبيين وحدد مجال القيام بتجارب التي يحصرها في القوانين الأساسية للفيزياء. وهذه الحقيقة جلية في مقاله الشهير الذي يحمل العنوان التالي: المنهج التجريبي: خرافة بين يدي الابستمولوجيين والعلماء (La méthode expérimentale: un mythe des épistémologues et des savants)[1].

وفي هذا النص الذي هو في الأصل محاضرة قام بها أمام جمهور عريض أغلبه من التجريبيين نجد الأفكار الأساسية التالية:

1) إن التجربة ليست المعيار الوحيد للعلميّة ويتوجب التفكير في معايير أخرى من الصنف النظري.

2) إن بداية العلم (مع غاليلي) ليست التجربة التي يراها الكاتب قديمة جدا عند الانسان، بل المفهوم الرياضي للدّالة (Fonction).

3) هناك صعوبات جدية في التحقق التجريبي لدالة ($f_{(x)}$) نظرا أنّ المتغيرة x تأخذ عددا لا حد له من القيم.

1 راجع: La philosophie des sciences aujourd'hui, Gauthier Villars - 1986

لكن الضربة القاضية للتفكير التجريبي نجدها في بحث آخر لتوم بعنوان (في حدود القدرة الانسانية[1] Aux frontières du pouvoir humain حيث يقول ما معناه إن التجربة غير قادرة على المسك بالشيء لأنها تدمره وتقوضه ولا يمكن لنا أن نفهم ما ندمر ونعدم. وفي نفس النص يستبدل الكاتب المنهج التجريبي بمنهج يعتمد على علاقة فهم وحب بين الفكر والشيء (وهو يعتمد متأثرا بأرسطو على القول أن الأشياء المادية تتضمن فكرا وأنها ليست غبية كما يعتقد عادة).

ونظن أن وراء هذا النقد الأخير للمنهج التجريبي ثمة نقد يخص التحليل بصفة عامة الذي يقتضي التقسيم والتجزئة بدل الفهم المباشر الذي ينفذ إلى جوهر الشيء الذي نريد إدراكه، وستتضح هذه الفكرة أكثر عند تناولنا للفكر الرياضي عند توم.

ولا غرابة إذن أن يقر صاحبنا بالأفكار والبنى الماقبليّة في العلم. فعند حديثه عن هدف العلم يصرح بأنه ليس جمع المعطيات التجريبية بدون أي تمييز بل إيجاد بنى فكرية. والكاتب يكرر هذه الفكرة مرارا في أثره. وفي السياق نفسه نعثر في (حدود القدرة

---

1 هي محاضرة قام بها الكاتب في مركز بومبيدو ضمن سلسلة بستان العلوم. وقد ترجم هذا النص في المجلة الأمريكية (Substance).

البشرية) الذي وقع ذكره على فكرة تؤيد وجهة النظر الأخيرة وفي هذا البحث يميز توم بين وجود نظرية "موحدة قبلا" (Préexistant) والإصلاح المرمق التجريبي (Bricolage) وبين التجزئة التجريبية والتوحيد النظري.

وهل هذا يعني أن توم يحلق في أجواء ماوراثية لا صلة لها بالواقع الحسي؟ وفي الحقيقة إن الكاتب عارف تماما بهذا الاعتراض الذي قد يأتيه من مفكرين أصحاب النزعة البيكونية.

إن الناظر في نصوص صاحبنا يمكن أن يقرّ بأن النظرية عنده ملتصقة بالواقع رغم رفضه الصريح للمنهج التجريبي. ولنلاحظ في هذا الصدد أنه ينبغي التمييز بين اعتبار الواقع والتجريب (بين التجربة والتجريب (Expérience et expérimentation) إن شئنا.

فعند رجوعنا إلى النصوص حول اختياره للنظر بدل التجريب نلاحظ أن البني التي يتحدث عنها وكذا القول بالنسبة إلى الأفكار المسبقة والتوحيد النظري الخ... تستند إلى الواقع وتقوم عليه فهي أفكار تنظم الواقع وتفسره.

والمتأمل جيدا في ثنايا النص يتبين أن الواقع الذي يقول به توم يعني المجال المدرك بواسطة الحس (Perceptif) ويمكن الإقرار بأنه يلتقي هنا مع التجريبيين دون مشاركتهم في منهجهم التقسيمي، فهو يتحدث في هذا الباب عن تقسيم للواقع الحسي بين سائر العلوم التجريبية كالفيزياء والكيمياء والبيولوجيا. ويضيف ما معناه إن هذا التبويب يفترض تجزئة حقل ادراكنا الحسي وهو المجال الذي اختار أن يتحرك فيه[1] ويمكن الإقرار بالتالي أن توم قد انشغل بما هو شرط إمكان المنهج التجريبي. وعلى كل حال فلا يمكن بأي حال من الأحوال الحديث عن ميقافيزيقا تخرق حدود الواقع المحسوس لديه.

وهكذا نكون قد عرفنا النظرية التي تعتمد عليها النمذجة العلمية عند رني توم، وعادة ما ترتبط النمذجة بنظرية تتأسس عليها. فالنمذجة التارسكيّة مرتكزة أساسا على الإرث التركيبي والدلالي السابق.

ويمكن أن نستنتج مما سبق أن النظرية المؤسسة للنمذجة التومية تتلخص في العناصر التالية: 1) البعد الديناميكي ومصدره الأساسي هو مفهوم Morphogenèse كما فهمه رني توم. 2) التبولوجيا التفاضلية ذات العلاقة الوطيدة بنظرية الكوارث الرياضية الأساسية في

---

1 راجع مؤلفنا بالفرنسية Réné Thom et la modélisation scientifiqu 'Harmatton 2013-pp 36/37

النسق التومي والمتضمنة بدورها للمنحى الديناميكي. 3) كل هذا يحصل على مستوى نظري لا يطلق الواقع الحسي بالثلاث.

وفي الإمكان الآن عرض النمذجة عند توم حسب ما تقدم وحسب ما جاء في نصوص الرياضي الفرنسي الكبير.

ب) عرض النموذج: الديناميك، التفاضليّة والكوارث الرياضية:

1) إن مصطلح (Morphogenèse) يؤدي ضرورة إلى مفهوم الديناميك وتحديدا إلى ديناميك الأشكال. فالشكل على هذا المستوى غير مستقر وغير سكوني وقد لاحظنا هذا الأمر عند إشارتنا السريعة إلى العالم الانكليزي تورن (Turnig). ويمكن أن نقول الشيء نفسه بالنسبة إلى التحليل التقسيمي (compartimentale) كما يبرز في كتاب اتكنز (Atkins)[1]. والأمر يتعلق بفرع بيولوجي يهم الصيدلة أساسا ويفترض أن المادة تنتقل من خانة إلى أخرى بسرعة معينة، وهذه الخانات على اختلافها ممثلة عند الكاتب بأشكال هندسية. ولعل هذه النظرية تتضح لاحقا عند دراستنا لهذا الاختصاص.

---

1 Atkins – Modèles à compartiments multiples pour les systèmes biologiques Traduction en Français – Gauthier – Villars – 1973

والمتأمـل جيـدا في الـديناميك عنـد تـورن (Turing) وعنـد اتكنـز (Atkins)[1] يرى أنها خلافا لما يوجد عند توم لا تتجاوز الحدود الكلاسيكية.

فهـل أن ديناميـك الأشـكال المتأكـدة عنـد رني تـوم حسـب مـا تقـدم كلاسيكية هي الأخرى؟

يمكـن أن تكـون الإجابـة إيجابيّـة لمّـا نطّلـع عـلى مقـال لتـوم بعنـوان (التوبولوجيـا والمعنـى)[2] (Topologie et signification) حيـث يتحـدث بالإلحاح عن مفهـوم صـدي رجـع (Résonnnce) وهـو مفهـوم مهـم جـدّا في الميكانيك التي نحن بصددها. ولكن المتأمـل في ثنايـا الـنص يعـاين أن الكاتـب يقصد بهذا المفهوم أمرا مخالفا تماما. لقد استعمل توم هذه الفكـرة في الـدفاع عن موضوعية المعاني التي شكك فيها جمع من الالسونيين وأيضا لتأييد مفهـوم التماثل (Analogie). ومن الواضح اذن أن ما يهـم المؤلـف هنـا لـيس المعنـى الميكانيكي بل المدلول الألسني.

وفي الواقع فقد رفض عالمنـا رفضـا تامـا الـديناميك الكلاسـيكية. (وهـذا خلافا للمؤلفين المذكورين) وهذا الإنكار موجود مثلا في بحث له بعنوان (اللغة والكارثـة)[3] (Langage et catastrophe) وفي هـذا الـنص ينقـد الكاتـب الديناميك الكلاسيكية على ثلاثة مستويات أساسية هي:

---

1 راجع الفصل 11 من: Modèle mathématiques de la morphogenèse – Union générale de l'édition 1974.

2 راجع الفصل 12 من نفس المؤلف

3 راجع بحثه بعنوانSémiotique-صدر في:
Les cahiers internationaux de symbolisme 1973.

1) لا يقبل بالمرة التصور الكلاسيكي لـلشيء (موضـوع البحـث). إن هـذا التمثل حسب الكاتب يقتضي معرفـة حـالات الشيء المسـتقبلية بصـفة قبليّـة. وهو أمر لا يتماشى والتمشي التـومي المضـمر لضرورة موقعـه الشيء الـذي قـد يكون فريدا ونادرا... وستتضح هذه الفكرة عند دراستنا للكوارث الرياضية.

2) وهو يرفض من ناحية أخـرى فكـرة الحتميـة الكامنـة في الـديناميك الكلاسيكية. والكاتب يرى أن الجبرية مشروع ولـيس أمـرا واقعـا يفـرض نفسـه علينا. وهذه الفكرة مضمرة هي الأخرى في نظريته للكوارث الرياضية.

3) وهو يتهم الكلاسيكية في الديناميك بأنها أهملت الاعتبارات الخاصـة ببداية الشيء ونهايته. وهو يؤكد على هـذه الحقيقـة في نصـوص كثـيرة أخـرى حيث يعتبر مثلا أن البحث في تكون الأشياء وأصولها أمر ضروري ومن الحتمـي على سبيل المثال أن ندرس أصـل العلامـة في الألسـنية وفي كلمـة واحـدة. لقـد قصد الكاتب "موفو جينازا" شاملة تعتبر الموضوع قبل بدايته وعند نهايته بدل دراسته كما هو موجود بصفة موضوعية.

ونعتقد أن هذه الخاصية الأخـيرة للـديناميك التومية تضـمر الأخـرتين: فلمّا تنطلق من الأصول والنهايات تصبح الحتمية أمرا صعــب المنــال وكذلــك تصور الشيء (أو الموضوع) بصفة ثابتة وما قبليه.

وعلى كل حال فستكون الـديناميك مهمـة للغايـة عـلى مسـتوى فكـرة التفاضلية. التي ألمحنا إليها من قبل.

ومن المهم أن نشير على هذا الصعيد أن النص الذي انطلقنا منه ينطلق لتفسـير التفاضـل صراحـة مـن تأويـل كيمـي حيـوي (biochimique) خـاص بالتمييز الخلوي. وهو موضـوع معـروف جـدا في الكيميـاء الحويـة التجريبيـة بالضرورة.

لكننا لا نعتقد أن الكاتب يقـع في التنـاقض فيعـترف بالتجريـب بعـدما رفضه رفضا نهائيا كما رأينا. إن مجال فكره لا يمكن أن يكون إلا نظريـا. ولعلـه يتذكر هنا النموذج عند تورن الذي يتصور فقط التجربة دون القيام بها فعـلا. وهذا التمشي معـروف جـدا في تـاريخ العلـم والمقـام لا يسـمح بإعطـاء أمثلـة عديدة تؤيد رأينا.

ومهما يكن من أمر فالكاتب سيتخلص في نصوص كثيرة أخرى من "التجربة النظرية" (والعبارة تستعمل عادة عند الحديث عن غاليلي) ليبقى على مستوى رياضي بحت لتأويل المفاضلة.

على كل حال فالكاتب يقول في خصوص هذا التأويل للتجربة المتعلقة بالكيمياء ما معناه: لنعتبر مواد كيميائية مختلفة التركز c1-c2-c3 ...(Concentration)... ونحن نلاحظ أن تركّز هذه المواد يتغير لمّا نخضعها الى تفاعلات كيميائية معينة. والكاتب يرى على هذا المستوى أنّ التغيّر مرتبط بقانون تفاضلي يكتبه كالتالي: dc/dt. والتفاضل واضح في هذه الصيغة الرياضية. وجلي أيضا أن المفاضلة ليست ستاتيكية بل ديناميكية بما أنّ المعادلة المذكورة تضم رمز الزمن.

وهكذا نرجع الى مفهوم الدناميك من جديد. لكن هذه المرة لتشير الى ان رني توم يجعل منها خاصية اساسية للتيولوجية التفاضلية كما يتصورها. فهو يقول مثلا في نفس النص ما معناه "إن النسق (ويقصد التجربة النظرية) ينزع نحو حد واحد لكن من الممكن وجود عدة نقاط باعتبارها حدودا نهائية limites وفي الامكان أيضا الحصول على مسار مغلق trajectoire fermée كوضع نهائي. ويضيف توم في نفس

السياق مستعملا لغة التيولوجيا "أنّ مجموع النقاط النهائية تسمى جاذبا Attracteur يمتلك حوضا متكونا من المسارات التي تنزع الي النهاية limites ويلاحظ أن للنسق عدة جواذب منفصلة. وهذه الاخيرة يمكن أن تكون في حالة تنافس وفي هذه الحالة وفي ظروف بسيطة جدا يمكن للأحواض أن تكون منفصلة بمساحات جد دقيقة hypersurfaces.

وبعد ذلك ومواصلة لتحليله التبولوجي ينبهنا الى ضرورة الموضعة (localisation) فبعد اعتبارنا لسيرورة عامة توجد في فضاء اقليدي ينتقل بنا الكاتب الى البحث في بنية معينة باعتبارها نسق إحداثيّات محدود. هذا والملاحظ في هذا الصدد ان مسالة الموضعة هذه مهمة جدا في الفكر التومي لأسباب داخلية سنتعرض اليها. لقد بدأنا نقترب من مفهوم اساسي هو الاخر في النمذجة التي قال بها توم ونقصد فكرة الكارثة (Catastrophe) الرياضية. لقد المح اليها الكاتب عند حديثه عن المساحات الدقيقة التي تفصل الاحواض ثم ان فكرة التموضع تؤدّي إليها لأنها لا تتماشى مع الامتداد والتطور العام وكل هذا سنبيّنه عند دراستنا للكارثة عند رني توم.

سنتولى في ما يلي شرح الكارثة الرياضية بصفة عامة ثم نأتي إلى الكوارث الاصلية وستكون في كل الحالات النصوص التومية سندنا.

3) تاريخيّا وباعتبار الممارسة التكنولوجية بالامكان القول حسب الكاتب ان فكرة الكارثة قديمة ويتذكّر رني توم في هذا المجال أعمال اولير Euler المتعلقة بالتهاب الجسور المصنوعة من خشب. وهو يرى في هذا الصدد أنّ للزيادة المفاجئة حسابات قديمة تختلف كثيرا عن رياضيات المحدثين. ويصل هكذا الى مدرستين على هذا المستوى هما نظريته وتلك التي قال بها زيمان Zeeman ويقر في نفس الوقت الى أنّ هذا الاخير هو صاحب عبارة "نظرية الكوارث" وانه لم يستعمل في مؤلفه الأساسي المذكور إلاّ مصطلح النقاط الكارثية. وقد رأينا أنه يستعمل العبارة نفسها في النص الذي انطلقنا منه. وبصفة عامة فالمفكران مختلفان. وفي ما يتعلق بهذا الاختلاف يقول لنا رني توم ما معناه: غير أن وجهة نظري تبقى مختلفة عن توجه زيمان باعتبار أن غايته المنهجية كانت متجهة نحو الممارسة والنتائج الملموسة بينما يهدف دائما الى النظر والتأمل. ومرة أخرى نلمس البعد النظري للتوجه التومي. أضف الى ذلك فهذه الثنائية بين النظر والممارسة ستكون على غاية من الأهمية. وستساعدنا على تحديد نوعية الرياضيات عند رني توم.

- ويتعـرض الكاتـب إلى المعنـى الـدقيق الـذي يعطيـه للكارثـة مقارنـة بمعناها المتداول فيؤكد في هذا الصدد أن المدلول الـذي يتبنـاه يفيـد أن تغيـيرا كيفيا يأتي بغتة ويسمح إلى شكل معين بالاستمرار بـدل التوقـف عـلى الوجـود كما يعني المدلول المتداول للفظ الكارثة.

- لكن الرياضيات الكيفية حيث تدرج نظرية الكوارث ليسـت متطـورة. والكاتب يلح في نصوصه على هذا الأمر. فهو يقـول مـثلا إن برنامجـه المعتمـد على الرياضيات الكيفية (بالضرورة لأنّ التبولوجيا تدخل في هذا الاطار) لا يزال في بداياته الأولى، وهو من ناحيـة أخـرى لا يـدعي أبـدا أنـه قـدم عمـلا كـاملا شاملا. إذ يعترف صراحة أن هناك جواذب معقدة جدا يصعب تحديدها حاليـا لأن المساحات الفاصلة بينها على درجة كبيرة من التعقد.

لكل هذه الأسباب سيكتفي صـاحبنا بتنـاول 7 كـوارث أصـلية وبسـيطة (élémentaires) سيعرفها ويذكر شروط إمكانها ويصنفها[1].

- ويحدد الكاتب الكارثة الأصـلية في عـدة نصـوص فيقـول مـثلا ما مفهومه: "ونقصد بالكارثة الأصلية (Catastrophe élémentaire) كل حالـة تنـازع بـين نظـامين محليـين يمتلكـان حـدّا أدنى مـن الجهـد

1 راجع مؤلفنا المذكور ص 28

(minimum de potentiel) وتحصـل بصـفة مسـتقرة عـلى الفضـاء الزمـاني (L'espace-temps) ذي الأربعة أبعـاد. ونعنـي أحيانـا بهـذه العبـارة الشـكل الذي تـؤدي إليـه هـذه الوضـعية. وتعنـي إذن هـذه العبـارة الشيء ونتيجتـه، السبب والحصيلة. وإذا ما أردنا شرح توم بالرجوع إلى نصوص أخرى نقـول لما ينعدم الاستقرار الهـيكلي (Stabilité structurelle) وقـد أشرنـا في السـابق إلى هذا المفهوم، تبدأ الحركة الديناميكية. ولما يقع تنازع بين جاذبين أو أكثر، توجد الكارثة الرياضية. بيد أن الكاتب يقتصر على الكوارث الأصلية لأسـباب داخليـة أشرنا إليها ويربطها بشرط سنوضحه في الإبان. أما المدلول الثاني والـذي يمكـن أن يكـون نتيجة للأول فيجعل من الكارثة شكلا. وهو المعنى الذي يقف عنـده رني توم وهذا غير غريب بالمرة لأنّ ديناميك الأشكال لا يمكن أن تؤدي إلى غـير الشكل ولو أن هذا الأخير يتميز بالتفرد في حالة الكارثة.

- ولكن ظهور هذه الكوارث بالمعنى الأخير خاصة مـرتبط بعـدة شروط (وقد أشار الكاتب إلى واحدة منها في النص السابق حيـث تحـدث عـن "الحـد الأدنى من الجهد").

ونحن نعتقد بعد التأمل في النصوص أنها تتمثل في العناصر التالية:

1) لا يمكن التفكير في الكارثة بفكر كمي بل بعقلية كيفية تجعل من الشكل مركز اهتمامنا. وعلى هذا المستوى يقول لنا الكاتب مثلا ما معناه:

« إنه من المستحيل تعيين وضع موجات التصادم (ويقصد الكوارث الأصلية) التي تفصل مجال مختلف الجواذب (Attracteurs) حتى في الحالات البسيطة جدا لكن الأمر يصبح يسيرا لما نهتم بالبنية الكيفية لهذه المساحات الفاصلة ونبعد فكرة التطور الكمي. »

2) ومن ناحية أخرى ينبغي أن ترتبط فكرة التغير التي يتقيّد بها مفهوم الكارثة الأصلي بعنصرين يذكرهما الكاتب بوضوح وهما:

أ) قانون مكسوال (Maxwell) (ويسميه الكاتب عادة اصطلاح مكسوال) (Convention de Maxwell) ويتعلق الأمر بفرضية عامة تعبر عن المساواة بين الجهود المكانية. وعلى كل حال فنحن هنا وفي كل الحالات على مستوى الحد الأدنى من الجهد (كما سبق أن أشرنا إليه) بالنسبة إلى كل جاذب سليم.

ب) أضف إلى ذلك فالديناميك المكانية ينبغي أن تكون ديناميك تبدل الجهد (une dynamique de gradient). وتقتضي إجمالا (بمعنى رياضي) وجود شعاع موجه (Vecteur) ممثلا لتغير دالة مقارنة بتغييرات مختلف عناصر المعادلة.

ج) أما عن تصنيف الكاتب لهذه الكوارث الأصلية فيقع عند صاحبنا حسب درجة بساطتها فيذكر أولا الكوارث الأقل تعقيدا من غيرها وهي:

- الطية (Le pli) ويعبر عنها رياضيا ب $V=x_2/2$

- الثنية (La fronce) والمعادلة التي تقابلها هي $V= x_3/3$

- ذيل الشنونوة (Queue d'aronde) ويكتب المعادلة التي تمثلها كالآتي: $V= x_4/4$

- الفراشة (Le papillon) يعني بلغة الرياضيات $V= x_5/5$.

وبعد ذلك يمر إلى الكوارث الأقل بساطة من الأولى ويسميها السرر (جمع سرة) (Le ombilics) وهي ثلاثة أنواع:

* السرة بيضية الشكل (Elliptique) ويكتبها رياضيا على الشكل التالي:

$$V= x^3-3xy^2+w(x^2+y^2)-xy$$

* السرة زائدية المقطع (Hyperbolique) وتكتب بلغة الرياضيات:

$$V=x^3+y^3+wxy-vx-vy$$

* السرة في شكل قطع مكافي (Parabolique) ومعادلتها:

$$V=x^2y+x^4/4+5x+wy^2-vx-vy$$

وهذا والملاحظ أن الأمر يتعلق في كل الحالات بأشكال هندسية مختلفة لا تتجاوز حدود الهندسة الكلاسيكية وهي حقيقة تبررها بيسر رسومات الكاتب لها[1].

هذا هو بإيجاز المضمون العلمي للنمذجة عند رني توم. وسنتولى الآن عرض الأسس والبداية تكون بالانتولوجيا (الفلسفة) وهذا البحث لن يكون صعبا بالنسبة إلى هذا الكاتب الذي يقول بحتمية تفحص البعد الانتولوجي في العلم والذي يدلنا بوضوح عن مصادره الفلسفية وهي تغطي لديه القديم والحديث.

II- الأسس من الفلسفة إلى الهندسة:

أ) الفلسفة: القديم والحديث:

* القديم - هيرقليدس وأرسطو

- هيرقليدس: ويذكره الكاتب صراحة عند حديثة عن مفهوم التنازع (Le conflit) وعلى هذا المستوى يذكرنا رني توم بما قاله هذا الأخير: "يجب أن نعلم أن التنازع كوني وأن العدالة كفاح وأن الأشياء تتولد طبقا للنضال والضرورة".

---

1 بالنسبة إلى كوارث الأصلية وأصولها وشروط إمكانها راجع خاصة - الفصل 5 من: Modèles mathématiques de la morphogenèse (مذكور).

والإشكال يتمثل في أن هناك من يرى في خطابه هذا تشبيها غير شرعي بالشؤون الانسانية (Anthropomorphisme). ويقول توم في هذا الصدد مدافعا عن هيرقليدس ما مفهومه: "ليس ثمة أي إشكال في استعمال هذا اللفظ ما دام يعبر عن وضع هندسي معين في نسق ديناميكي محدد".

ومهما يكن من أمر فقد استعمل رني توم مفهوم التنازع في نمذجتة (كما رأينا) بين جواذب في حالة تنافس، وفي امكانه إذن استعمال اللفظ المقابل رغم إرادة الفيزيائيين والكيميائيين الرافضين لهذا الاستخدام.

وقد أكد فعلا هيرقليدس على ضرورة التنازع المستمر. وهو يرى أن غياب هذا الأمر يؤدي إلى التدمير والضياع. كما نجد لديه مبحثا آخر يبدو أنه كامن في فكر توم ويتعلق بالسيلان الأبدي. وكلنا يتذكر قولته الشهيرة: لا يمكن لك أن تهبط في نفس النهر مرتين لأن المياه تتغير باستمرار. ونعتقد أن مفهوم المرفو جينز" عند توم (morphogenèse) ليس بعيدا جدا عن هذه الفكرة[1].

1 بالنسبة إلى هيرقليدس راجع: Une théorie dynamique de la Morphogenèse (مذكور).

- أرسطو: ومن ناحية أخرى فرني توم متيم بالفيلسوف اليوناني أرسطو. فقد أعاد الاعتبار إلى فكرة الميولات الكامنة في الأجسام التي اعتقدنا طويلا أنها غير صحيحة. ويقول في هذا الصدد إن العالم الإيطالي غاليلي لم يغيب الصفات الخفيّة بل أخفاها في الصورية الرياضية الخ... وعلى كل حال فقد اختص في آخر حياته بفكر المعلم الأول كما يقول العرب وكتب مثلا عن أرسطو التبولوجي[1].

وما يهمّنا على هذا المستوى حيث نعتني بتفسير المفاهيم التومية بالرجوع إلى تاريخ الفلسفة هو أن العالم الفرنسي يذكر بالحاح سلفه اليوناني عند حديثة عن الشكل.

فهو يقول لنا مثلا ما مفهومه: "للأشياء وجود تحتل بواسطته قطعة من الفضاء وجوهر يعني جملة صفاته وأبعاده. ويعتقد الاتجاه المادي في العلم أن الوجود يسبق الجوهر. أما نظرية الكوارث فتذهب إلى عكس ذلك إذ تفترض أن الجوهر يحدد إلى حد ما الوجود الخ... " وهو يرى في توجهه هذا رجوعا إلى الفكرة الارسطية القائلة بأن المادة تطمح إلى الشكل (L'hylémorphisme).

1 راجع Aristote topologiste, in revue de synthèse 1999.

وفعلا فقد أكد أرسطو على أهمية الشكل. وهو يعتقد في هذا الصدد بأن الكائن الطبيعي (الطبيعة الحية أو الجامدة) تتكون من عنصرين غير منفصلين وهما المادة والشكل وبأن هذا الأخير يمثل العلة الفاعلة والعلة الغائبة. وبهذا الاعتبار نفهم لماذا تتوق المادة إلى الشكل وكيف أن الجوهر يسبق الوجود.

ومن ناحية أخرى فالإشكال عند أرسطو تخرج عن نطاق الموجودات المادية خلافا لما يعتقده بعض المحدثين الذين يتهمون الفيلسوف اليوناني بأنه يقول بالشكل باعتباره مادة موجودة. ويبدو أن رني توم أقرب من هؤلاء النقاد اصحاب النزعة الديكارتية إلى الفهم الصحيح لهذا المفهوم الارسطي الأساسي في نسقه[1].

وواضح مما سبق أن النمذجة عند رني توم تفترض الواقعية غير التجريبية. فقد سبق أن بينا أن العقلانية التومية لها دعامة دائمة في الواقع رغم نقد صاحبنا للتجارب وإخراجها من نسقه. وهذا يعني انتولوجيا أننا نقع في الواقعية الارسطية التي سنظطر لتدقيقها لاحقا.

ونحن نعلم فعلا أن ارسطو يدحض بصفة قطعية نظرية أساسية ودائمة عند أفلاطون ونقصد نظرية المثل التي تعني اجمالا اللاوقعية.

---

1 راجع مؤلفنا المذكور Réné Thom et la Modélisation P 31/32/33.

وهذا الابتعاد عما هو جوهري في الافلاطونية يدل على أن ارسطو قد اختار تفحص الواقع. وفي نفس السياق لنذكر أن ارسطو رفض باسم الواقعية استعمال الأسطورة وهو تقليد يدرج فيه أفلاطون نفسه.

وتتجلى واقعية أرسطو أيضا في الريبة التي يبديها إزاء الأساليب الجدلية المعتمدة فقط على المعقولات بعيدا عما هو حسي وملموس[1].

وبصفة عامة فرني توم يتبنى أطروحات المعلم الأول مناقضا أفلاطون الذي لا يتوافق مع فكره التبولوجي والكيفي.

* الحديث: كونت وكانط:

1) كونت: والشيء الثابت هو أن رني توم قد تعرف على سلفه الفرنسي أجست كونت وهو يذكره عند بحثه في إمكانية العودة إلى المرحلة الأولى من مراحل الفكر الانساني (وهي عند كونت كما نعلم المرحلة التيولوجيّة والمرحلة الميتافيزيقية والمرحلة الوضعية) مقتبسا منه مفهوم "التأليف الذاتي" (Synthèse subjective) الذي يجمع عند توم ميولات مختلفة. وإن اختلف صاحب نظرية الكوارث عن كونت على هذا المستوى فإنه يقترب منه على مستويات أخرى نذكر منها:

---

1 وفي خصوص واقعية لرسطوا – راجع المؤلف نفسه ص 77/76

أ) يعني الفكر الوضعي إجمالا اقتران العقل بالواقع وهي فكرة واضحة تماما في الدرس الأول من (دروس الفلسفة الوضعية) جذورها موجودة في عصر الأنوار (عند دالمبار مثلا الذي يعتبر الممهد لتوجه كونت رغم الفوارق العديدة).

والاتجاه الوضعي العام يعني رفض استعمل العقل دون مسألة الواقع الملموس يعني دحض الفكر الميتافيزيقي.

وقد رأينا أن رني توم ليس متافيزيقيّا مهملا للموجودات الواقعية... فقد وقفنا عند واقعيته في اكثر من مناسبة رغم اقصائه للتجربة داحل نسقه. وما انتماؤه اتتولوجيا الى الواقعية الارسطية ضد العقالانية الافلاطونية إلاّ دليل نهائي على مانقول.

ب) ومن ناحية أخرى يميز كونت بين 1) العلم الطبيعي المختص الذي يعتني بالتقنيات العلميّة كالتجريب L'expérimentation والترييض mathématisation الخ... والعلم الطبيعي الذي يقف عند النتائج العلمية العامة. ويسند أب الوضعيّة هذه الصّيغة الثانية من العلمية الى فلسفته الوضعية. وقد رأينا في عمل سابق تقاربا واضحا على هذا المستوى بين كونت والبار انشتاين الذي يؤكد بدوره على أهمية الافكار الأساسية لفهم جوهر سائر العلوم[1].

---

1 في ما يتعلق بالتقارب بين كونت واينشتاين راجع كتابنا بالفرنسية. Le renaissance du passé – L'harmmattan, 2009. من صفحة 89 إلى صفحة 99.

ونعتقد أن رني توم قريب من مفهوم الفلسفة الوضعية عند كونت. فهو لا يعترف بالتجريب داخل نسقه ولا يسلم بجدوى الترييض باعتباره قيسا وحسابا (وهو المعنى المضمر عند كونت) بل يكتفي بالتأمل في العلم غير مهمل للواقع الذي يتحرك فيه.

ج) وينفصل كونت عن التيار الافلاطوني القائل بضرورة التربيض وتعميمه بحيث لا حدود لهذه العملية العلمية على هذا المستوى. وقد اتبع العرب والمسلمون امثال الفارابي والكندي وغيرهما هذا المبدأ وطبقوه في المجالات العلمية التي اعتنوا بها.

اما كونت فقد بين حدود الرياضيات على صعيدين على الاقل: يرى اولا ان التربيض يفترض وجود اعداد ثابتة fixes والكاتب يعتبر الامر ضرورة ملحة لكن العلوم العضوية مثل الفيزيولوجيا والبيولوجيا بصفة عامة لا تستجيب لهذا الشرط نظرا لتغير وضعيتها واستحالة قيسها بدقة. ويعتقد ثانيا أن الطبيعة معقدة جدا بحيث من الصعب قيسها وتكميمها. لذلك تراه يربط نجاح الرياضيات ببساطة الموضوعات وبالتوفيق في عمليتي التحليل والإختزال. فقد وفق علماء الفلك في ترييض الموضوعات التي إعتنوا بها لبساطتها المتأكدة. وقد أفلح الفيزيائي الفرنسي فوريه (Fourrier) في تكميم الظواهر الحرارية التي

شغلته لأنه أتقن فن التحليل والإختزال[1] ومرة اخرى يلاقي رني توم "إلى حد ما" سلفه الفرنسي كونت (مع مراعاة الفوارق طبعا) فهو يبيّن بكل وضـوح حـدود الرياضـيات التكميميـة ويلـح عـلى اسـتحالة اسـتخدامها في العلـوم العضـوية. ويقبل من جهة اخرى استعمالها في قوانين الفيزياء الأساسية. والمتفحص مليا في النصوص يعاين انه يراهـا بسـيطة في مواضـيعها وفي الفضـاءات المرتبطـة بهـا. لذلك يعتبرها ممثلـة للمجـال الوحيـد حيـث تـنجح عمليـة التجزئـة الفكريـة والتجريبية (التحليل والتجريب)[2].

لكن كونت يقر باهمية الرياضيات التكميمية ويرى انها الأقـدم والأكـثر كمالا ويعتبر أنها الطريـق الملكيـة للوصـول إلى الكونيـة التـي تمثـل غايـة كـل العلوم. وهكذا يفترق الرجلان. والإنفصال بين المفكرين يصل غـلى حـد نوعيـة الواقعية التي يشتركان فيها. فكونت يتحرك في مجال الأشياء في ذاتها (Choses en soi) التي يجد نماذج لها داخل الميكانيك في حين ان توم يبدو مقيما في عالم الفينومنات (Phénomènes).

1 راجع مؤلفنا بالفرنسية حول رني توم والنمذجة من صفحة 130 إلى صفحة 133.
2 راجع مقال توم المذكور La controverse

وبهذه الصفة يكون المفكر الفرنسي قريبا من كانط صاحب الثنائية المذكورة (الأشياء في ذاتها والفينومينات).

2) كانط: وقد اطلع توم على كانط عن كثب وهو يذكره مثلا عند حديثه في مسألة المقولات التي يأسف أنها منسية اليوم. أضف إلى ذلك فثمة عدة دوافع تشد توم إلى الفيلسوف الألماني فهذا الأخير يبحث في مفاهيم تهمه مثل: 1) مفهوم أشكالا إذ تحدث عن الحس باعتباره شكلا ويعتبران الفهم entendement يتضمن شكلا مضمونها المعطيات الحسية الخ... 2) مقولة الكيف الذي ينطلق منه توم لتأسيس الرياضيات المرتبطة بنسقه. 3) مفهوما الزمان الفضاء اللذان يتمتعان بقيمة كبرى عند المفكرين.

ومهما يكن من أمر فقد سجن كانط المعرفة الانسانية في نطاق مجال الفينومات، وهذا هو المعنى النهائي لمثاليته. والنصوص تدل على أن التقارب متأكد بين توم وكانط على هذا المستوى الأساسي الذي يسمح بتدقيق واقعية توم (وكذلك كانط) التي سبق أن تحدثنا فيها. ويقول توم في هذا الصدد محاولا وصف شكل ما في علاقته بتأويل ديناميكي معين ما معناه: "إن أسطورة الكهف لأفلاطون تتضمن تبريرا لتوعية معرفتنا إذ تدلنا على أننا لا نعرف سوى انعكاسات الأشياء في

ذاتها على ستار منبسط هو جدار الكهف". (وفي الحقيقة فالفيلسوف اليوناني يستنتج من هذه الفكرة ضرورة الارتقاء إلى المثل يعني إلى عالم الأشياء في ذاتها عبر الجدلية).

وعلى كل حال فتوم يبدو مؤمنا أننا لا نعرف إلا صور الأشياء كما هي (en soi) مما يعني بلغة كانطية أن معرفتنا لا يمكن أن تكون إلاّ فينومينية. وفي الإمكان القول إنه يتبنّى إجمالا الفحوى النهائي لمفهوم التجربة الممكنة (L'expérience possible) عند كانط الذي نجد تعريفا له في مناسبتين على الأقل ونقصد 1) مقدمة كتاب (نقد الخالص) و2) بداية التشريع الترنسندنتالي (Déduction transcendantale) من نفس المؤلف. وهذا المصطلح يعني عموما عند الفيلسوف الألماني زواج العقل والحس على أرضية مثالية (وهنا يختلف التركيب الكانطي عن التركيب الوضعي الذي لا يرى بديلا للأشياء كما هي) يعني أن الشيء المدرك ممثل (Idéalisé) ويتصور من طرف أنا يحدده[1].

1 راجع مؤلفنا بالفرنسية حول توم صفحة 38 للتعمق أكثر في علاقة توم بكانط راجع بحثنا في المجلة الالكترونية Dognra وعنوانه: Les modèles scientifiques en philosophie.

بيد أن التقارب بين توم وكانط ليس مطلقا ولا يمكن أن نتحدث على هذا الصعيد عن تماثل تام. فالاختلافات عديدة بين المفكرين نذكر منها: 1) يبقى كانط بوضوح على مقولة الكم (راجع قائمة المقولات) 2) وما الكيف عنده إلا طريقة للنظر في اللامتناهي الصفر كما سبق أن بينا في أعمال سابقة. 3) وبصفة عامة يندرج كانط في التاريخ الطويل للتفكير الكمّي ولا علاقة له بالتبولوجيا وبالرياضيات الكيفية.

ويمكن لتوم تأييد التوجه الكانطي المتسم بالبحث في القوانين الأساسية للفيزياء (قانون العطالة - قانون الفعل ورد الفعل. قانون الجاذبية) فتوم يقبل كما اسلفنا استعمال الرياضيات الكمية في هذا الميدان لكنه يخرج هذا الاتجاه التكميمي من نسقه ومن نمذجيته، كما سنؤكد ذلك لاحقا.

وهكذا إذن فللأنتولوجيا عند رني توم مساحة كبيرة من تاريخ الفلسفة القديمة والحديثة. ولو نتأمل مليا في الأمر لنرى أن الفلاسفة الذين ربط صاحبنا نمذجته بهم (بصفة صريحة أو غير صريحة) على اختلافهم يشتركون في أمر واحد هو التوجه الهندسي. فمعروف أن كونت يفضل الرياضيات "الحسية" مثل الهندسة والمكانيك على الرياضيات المجردة وذلك خلافا لدالمبار مثلا الذي تأثر به على

مستويات أخرى. ومن جهة أخرى فقد كان توجه كانط العام الذي استفاد منه لتأسيس مثاليته الترنسندنتالية هندسيا لذلك كان أقرب إلى نيوتن (من هذه الناحية) من أغلب مفكري القرن الثامن عشر الذين اتبعوا المسار العددي الموجود عند ليبنتز. وعلى كل حال فقد اعتممنا في أعمال سابقة بهذه العلاقة[1].

أما اليونانيون بمن فيهم ارسطو وهيرقليدس فلم يعرفوا علم العدد الحقيقي وتاهوا في المقادير التناسبية وهما عنصران يدلان على البقاء في البيت الهندسي. ومهما يكن من أمر فقد تعرضنا إلى هذه الحقيقة بأكثر في الفصل الأول الخاص بالنمذجة الرياضية عند تارسكي.

وفي إمكاننا أن نستنتج من الملاحظات السابقة نوعية الأرضية الرياضية التي تحرك فيها رني توم عند بناء نمذجته ونسقه. وفعلا فالنصوص تدل بوضوح على هذا الاتجاه الذي أدى إلى نتائج معرفية مهمة.

سنتولى إذن في التحاليل اللاحقة عرض النسيج الهندسي التومي وتدقيقه. ثم نأتي بعد ذلك إلى بيان النتائج.

---

1 راجع مؤلفنا:
L'espace et le temps chez newton et chez Kant - l'HARMATTAN 2003.

ب) ومن النسيج الهندسي غير العددي عند توم إلى نتائجه المعرفيّة:

1) النسيج الهندسي غير العددي:

- عند دراستنا للنمذجة عند تـوم ولإطارهـا النظـري اعترضـنا مفهومـان يؤديان حتما إلى الفكر الهندسي وتقصد: 1) التبولوجيا التفاضلية 2) الشكل.

أ) والتبولوجيا بصفة عامة تعتنـي بـالتغيرات الفضـائية وتهـتم تحديـدا بدراسة هذه الفضاءات وتسمح بتصنيفها. وهي هكذا ملائمة لأصلها اليوناني إذ هي تدل في الثقافات اليونانيـة عـلى دراسـة الهندسـة. ونـذكر مـن بـين فـروع التبولوجيـا المتداولـة اليـوم التبولوجيـا التفاضـلية المرتبطـة شـديد الارتبـاط بالهندسة التفاضلية.

والناظر في نصوص رني توم المشار إليها يلاحـظ أنهـا لا تخـرج عـن هـذا الإطار الذي اكتفينا بالتلميح إليـه. فـأثره يـدل أنـه لما يمـارس التبولوجيـا فهـو مهندس من حيث الأسـلوب واللغـة. وباعتبـاره ينتمـي صراحـة إلى التبولوجيـا التفاضـلية فقـد لاحظنـا أنـه وبعـد وضـع العبـارة التفاضـلية $\frac{dx}{dy}$ يخـوض في اعتبارات هندسية وكيفية بدل الحساب والوصـول إلى نتيجـة عددية كما يفعل الرياضيون المنشغلون بالقيس والكم.

وللشكل عدة معاني مرتبطة بالعديد من الاختصاصات كالفن وعلم النبات (Botanique) والألسنية وعلم النفس والمنطق والهندسة. وعلى المستوى الأخير فلفظ "الشكل" Forme يدل بصفة عامة على الوصف الهندسي لجزء من الفضاء يحتله شيء ما.

وجلي أنه يتوجب إدراج توم على هذا الصعيد وهو المنتمي إلى التبولوجيا التفاضلية. أضف إلى هذا فالتحليل الدقيق لمفهوم المورفوجنيز (Morphogenèse) الأساسي في فكر توم يؤدي إلى النتيجة ذاتها بكل يسر.

ب) والشكل الهندسي عند صاحبنا ليس مجرد أداة للتمثل والتصور مثل ما يحدث عند بعض العلماء بل هو راسخ وهيكلي في الفكر الرياضي التومي.

فقد قمنا سابقا بمقارنة على هذا المستوى بين توم واتكنز المهتم بالنماذج التجزيئية (Compartimentale) وبينا أنهما يشتركان في استعمال الاشكال الهندسية لكننا اثبتنا في نفس الوقت أن الشكل عند اتكنز يلعب دورا تمثيليا فحسب (représentatif) بينما هو جوهري عند توم[1].

1 راجع كتابنا المذكور حول النمذجة عند رني.
توم من صفحة 85 إلى صفحة 102 – وفي الحقيقة إن استعمال الهندسة باعتبارها تلعب دورا تمثيليا مهم أيضا، إنه يعني الميل إلى الاعتبارات الحسية.

- وهذا النسيج الهندسي يرفض استعمال العدد والقيس اللذين يعتبران عادة جوهر العمل الرياضي. وكأني بتوم يتذكر هنا أعمال لينار اولير (Euler) في التبولوجيا. فقد بحث هذا الرياضي في الجسور السبعة الموجودة في مدينة كونزبارق (Konizberg) فقام بعمل هندسي لا يتماشى وعملية التكميم. وعلى كل حال فقد المحنا في ما سبق الى امرين يؤيدان هذا الوجه الهندسي غير العددي وهما 1) استحالة تحديد الكارثة الرياضية عن طريق التكميم وامكانية القيام بذلك هندسيا. 2) عدم حسم العبارة التفاضلية عن طريق الحساب. وقد اختار صاحبنا في هذا الباب الحلول التبيولوجية والهندسية.

ومهما يكن من أمر فقد بين توم حدود الرياضيات الكمية وشرّع بنفس الوضوح استخدام الرياضيات الكيفية التي ينتمي اليها. ونشير هذا الى مقاله الشهير (المجادلة)[1].

وفي خصوص النقطة الاولى يثبت الكاتب اخفافات التكميم في عدة فروع علمية مثل فيزياء المجسمات (Physique des solides) وفيزياء السوائل حيث نقع بسهولة في التخمينات ونفشل في التكميمات الدقيقة. والامر يصبح أخطر عند اعتبارنا للكيمياء وخاصة البيولوجيا.

---

1 راجع المجلة Scientia والفصل 7 من المؤلف المذكور:
Modèle mathématique de la Morphogenèse.

وقد رأينا أنه يقترب على هذا المستوى من سلفه الفرنسي (كونت) ويـذكر بعـد ذلك علوما حيث يستحيل التكمـيم (مثـل علـم الـنفس والعلـوم الاجتماعيـة) (وهنا يقترب من كونت مرّة أخرى).

لكن الكاتب يستثني قوانين الفيزياء الاساسية: قانون الجاذبيـة وقـانون العطالة...... - (وقد اشرنا الى هذا عند حديثنا في علاقة توم بكانط).

وفي خصـوص النقطـة الثانيـة ونعنـي تشريـع منحـاه الكيفـي فالبدايـة تمثلت في ذكر هدفي العلم اللذين في نظره لا يلتقيان أبدا وهما الفهم والعمـل. وهو يري في هذا الصدد أن الفهم يؤدي في النهاية إلى الموقعة (Localisation) بينما تتمثل الغاية القصوى للعمل في الإمتداد والإتساع. ويـربط الكاتـب عـلى هذا المستوى هذه الثنائية متناقضة الطرفين بمنهجين رياضيين هما:

1) الرياضيات التكميمية والتحليلية التي يرفضهما في نسقه وهذا يعني أنه يرفض التحليل وهو ينتقي في هذا المستوى بالذات بالنسقين الذين رفضهم في مواقع أخرى[1].

---

1 راجع مقالنا ب Plastir عدد 35

2) الرياضيات الكيفية التي ينتمي إليها صراحة والتي لا تقبل التعـايش في بيت واحد مع العدد، وقـد رأينـا ان هـذه النوعيـة مـن الرياضـيات تعتمـد بشكل صريح وجلي على التأمل (لكن هذا التأمل سجين الواقع وولا يـدل عـلى اي نزعة متافيزيقية كما أسلفنا). واثبتنا مـن جهـة أخـرى اهميـة المحليـات في النسق التومي. ولـو لا هـذا الفكـر لمـا تمكنـا مـن الوصـول إلى مفهـوم الكارثـة الرياضية التي تفـترض اولا التسـليم بضرورة الوقـوف عنـد المحليـات المتفـردة (Singularité).

وهكذا فالنسيج الهندسي متأكد عند توم وهـو صـادر عـن التوبولوجيـا والشكل. وفي كلتا الحالتين فهو ديناميكي بالضرورة إذ لا يمكن أن نفهـم هـذين المصدرين بدون اعتبار هذا البعد كما تدل على ذلك تحاليلنـا السـابقة، أضـف إلى هذا يمكن الحديث عن تنافر بين هذا التمشي والتوجه العددي.

وإنطلاقا من هذا المعنى للنسيج الهندسي عنـد تـوم سـوف يتسـنى لنـا البحث في النتائج التي أدى إليها هذا الإتجاه).

2) التائج المعرفيّة:

أولا لنلاحظ انه انطلاقا مما سـبق في إمكـان رني تـوم نقـد العلـوم المسـتعملة للعـدد والمهملـة للهندسـة بـالمعنى الـذي حـدده (باسـتثناء الفيزيـاء الأساسـية التـي شرّع العـدد فيهـا) وفعـلا فقـد رفـض المنطـق الصوري الذي قلنا عنه في الفصل الأول من هذا الكتاب إنه مرتبط شديد

الأرتباط بالعدد وغير مكترث كثيرا بالهندسة بجميع معانيها رفضا واضحا. وهذا الدحض منتشر في الأثر التومي فهو يقول مثلا عند حديثه عن اللغة الكونية ما معناه: "لقد اعتقد البعض ان المنطق الصوري المنحدر من اعمال بول في القرن 19 قد سمح بتحقيق للرياضيات الكونية. وهذا خطأ خطير فهذا المثال يدل بالعكس من ذلك على ان حلم ليبنتز قد انتهى إلى المستحيل"[1].

ومن جهة اخرى فصاحبنا لا يقبل البتة العلوم الإدراكية كما عاصرها (Sciences cognitives). ونقصد مثلا الذكاء الإصطناعي والنسقية والإحيائية الآلية (Cybernétique) ومعلوم أن هذه العلوم على اختلافها تتوحد حول إستنادها بصفة أساسية على المنطق الصوري وحول استخدامها للعدد معتمدة في ذلك على الينابيع التكميمية كاستعمالها المكثف لنظرية شانون (Shanon) في الإعلام (Information). ولا غرابة إذن أن نرى توم ينعتها بأبشع النعوت وان يعتبرها غارقة في الإبتذال. ويرى انها غير قادرة على وضع نظرية واحدة جديرة بهذا الإسم. لذلك نراه لا يقبل طروحاتها ونماذجها الخاصة بالإعلام والنسق والتنظيم (Régulation) ولا يقول بترميزها[2].

---

1 راجع الفصل 16 من مؤلف توم Modèles mathématique de Morphogenèse (مذكور).

2 راجع بحثنا بمجلة بلاستير (Plastir) 27 بعنوان:
Thom critique des sciences cognitives.

أضف إلى كل هذا فقد انكر مفكرنا الألسنية الصورية ونعني ذلك النوع من الألسنية المرتكزة على المنطق الصوري. والسبب واضح: فرفض السبب يؤدي إلى رفض النتيجة والكاتب يعتقد في هذا الصدد أن الألسنية تعتني في هذه الحالة بالتركيب فحسب الذي يراه غير كاف[1] لكن ماهو المشكل وماهو حله؟ يتمثل المشكل في أن الصورية تتضمن الفراغ واللامعنى. والكاتب لا يقبل أهمال الدلالة. وهو يعادل تقريبا بين الألسنية وعلم الدلالة.

ويقول الكاتب في النص الذي ذكرناه للبرهنة على نقده للمنطق الصوري ما مفهومه: "إن المنطق الصوري المهتم بالصرامة المطلقة يقطع كل الروابط مع الواقع ومع المعاني". ويذكر في هذا الصدد بالنظريات الخيالية التي توصل إليها الرياضي كانتور (Cantor) والتي تمثل نتيجة حتمية للمنطق الصوري حسب رني توم. (ورأيه صحيح).

وفي ما يتعلق بالألسنية الصورية التي يتزعمها كلّ من بلومفيلد (Bloomfield) وهاريس (Harris) يقول الكاتب صراحة إنها تهمل المعنى تماما معتمدة على التركيب (Syntaxe) وحده غير الكاف.

---

1 في خصوص نقد الالسنية راجع الفصل الأول من كتابنا المذكور حول النمذجة عند توم. وما دمنا نتحدث في نقد توم للعلوم العددية لنلاحظ أنه لا يذكر بوضوح العلوم التقسيمية في الصيدلة (Compartimentale) رغم إشارته لها والتشابه الموجود بين نسقه وما جاء عند اتكنز - ويمكن القول إنه ينقد ضمنيا هذا الفرع المعرفي المرتكز بصفة أساسية على التكميم.

والمؤلف يرى أن النحو لا يضمن المعنى الحقيقي للخطاب في هـذه الحالـة وفي غيرها (La grammaire)[1].

وماهو الحل إذن؟ وكيف نضمن وجـود المـدلولات الحقيقيـة؟ يـرى رني توم أن الحل يتمثل في استخدام الهندسة كما فهمها يعني الربط الضروري بـين الهندسة بمعناها العام بالديناميك غير الكلاسيكية.

وهذه الفكرة واضـحة في أكـثر مـن موضـع عنـد تـوم لنـذكر فقـط: 1) الفصل 11 من كتابه (Modèles mathématique de la morphologenèse) حيث يبحث صاحبنا في تعسف العلامة عنـد سوسـور 2) (Saussure) الفصـل 14 من نفس الكتاب حيث نجد دراسة طريفة حول نظرية الرمـوز. 3) الفصـل رقـم 15 مـن المؤلـف نفسـه ويـدرس الكاتـب في هـذا الـنص مفهـوم الاعـلام (Information) ويربط معناه بتصوره للهندسة.

ولا غرابة إذن أن نرى الكاتب يهنـدس (géométriser) المفـاهيم الإدراكية التي اعترضته مثـل مفـاهيم الاعـلام والنسـق والتنظـيم الـخ... وقد أثبتنا هذا في عمل سـابق. وهكـذا يكـون تـوم قـد أعطـى نموذجـه الهندسي مسؤولية دلاليـة واضـحة[2]. بـل أن مصـداقية المفـاهيم جميعـا

1 راجع كتابنا المذكور حول توم ص41.

2 راجع عملنا المذكور: Réné thom critique des sciences cognitives.

باعتبارها تعني شيئا مرتبطة بالمضمون الهندسي بالمعنى التومي. فقد رأينا أنه يبرّر مفهوم التنازع عند هيرقليدس بإمكانية هندسته. وكذلك فعل بالنسبة إلى مفهوم الإعلام (information)، ويمكن أن نفعل الشيء نفسه حسب الكاتب في خصوص مفاهيم غامضة أخرى مثل الرسالة (Message) والنظام (Ordre) والتنظيم (Organisation) الخ... ويتضح مما سبق أن توم قد وظّف الجانب غير العددي في توجهه الهندسي لنقد العلوم الكمية (مستثنيا الفيزياء الأساسية) واستعمل البعد الهندسي بمعناه الدقيق الذي أوضحناه لحل المعضلات الدلالية التي تتخبط فيها تلك العلوم. وكل هذا يحصل في توافق تام مع الخلفية الانتولوجية التي ابرزنا معناها الهندسي النهائي.

خاتمة الفصل: من تارسكي وتوم إلى لوغاي واتكنز

وخلاصة القول إن النمذجة عند رني توم هندسية أساسا. بيد أنه من الضروري هنا تدقيق معنى "الهندسة" والإقرار بأنها مرتبطة بديناميك غير كلاسيكية تفهّم الموضوع والحتمية بشكل غير كلاسيكي (وقد سبق أن أوضحنا هذه الفكرة في هذا الفصل). ومن الطبيعي جدا أن ينتمي إذن صاحبنا إلى الرياضيات الكيفية وأن يخرج الرياضيات التحليلية والتكميمية من نسقه ومن نمذجته لحصرها فقط في الفيزياء الأساسية.

والجدير بالملاحظة أن هذا النسيج الهندسي الـدقيق قـد مكـن رني تـوم من نقد العلوم المستعملة للعدد ومن تقديم الحلول للمعضلات الدلالية التـي تتخبط فيها. وهكذا كان كـلّ شيء جـاهز للتأسـيس الانتولـوجي الـذي حاولنـا ضبطه.

ويختلف تارسكي عن توم على أكثر من صعيد، فقد ركز عـلى مـا رفضـه الرياضي الفرنسي ونقصد العدد. ومن هنا فقد "اعتنـق" انتولوجيـا الأفلاطونيـة الغائبة تماما في النمذجة التومية.

لكن الرجلين يلتقيان (مع مراعاة الفـوارق طبعـا) في 1) القـول بأولويـة الدلالة وفي التأكيد على قصور التركيب (syntaxe).

فقـد أثبتنـا أن المعنـى النهـائي للنمـوذج عنـد تارسـكي دلالي وأنـه يمثـل مخرجا للمأزق الذي أوصلنا إليـه التركيـب وقـد رأينـا في هـذا الصـدد أن تـأثير جودال (Goëdel) على هذا المستوى كان كبيرا جدا.

2) وفي كلتا الحالتين نحن على مستوى ريـاضي غـير تجريبـي وإن تعلـق الأمر بفرعيين رياضيين مختلفين: الجبر عند تارسكي والهندسة (بمعناها الدقيق) عند تـوم. وطبعـا فقـد أدى هـذا الاشـتراك إلى تجاهـل مصـدر هـام للنظـر في النمذجة العلمية ونعني ميدان التجريب الذي تزخر به النمذجة العلميـة عـبر تاريخها غير الطويل.

ونعتقـد أن الوقـت قـد حـان للاهـتمام بهـذه النوعيـة مـن النمذجـة العلمية. وسنعتبر في ما يلي ضربين من التجريب: الأول كلاسيكي ويذكرنا بعهـد نيوتن ودالمبار وغيرهما، والثاني معاصر ومتأثر بالتيارات الحالية القائلة بالتعقد (Complexité) وبصـعوبة الحـديث عـن الاختـزال والتبسـيط الـديكارتيين، ونقصد أساسا هنا مثلا أعمال كل من مورن (Morin) ولوموانى (Lemoigne). والمنمذجان المقصودان هما لوغاي واتكنز (Atkins - Legay).

الفصل الثالث

النمذجة الفيزيائية عند اتكنز ولوغاي

I- مفهوم التجربة عند لوغاي واتكنز: الاختلاف والتقارب:

أ) مفهوم التجربة عند لوغاي: نقد التجربة المنحدرة من التحليل الديكارتي والإقرار بأخرى تقول بضرورة إعتبار التعقد:

- ينطلق الكاتب من لزوم تجديد المنهج التجريبي التقليدي المعتمد على روح الفكر الديكارتي المتسم بالاختزال والبداهة والمفترض لبساطة الموضوعات المدروسة. ومن هنا يمكننا القول مثلا أن لكل نتيجة علة واحدة.

ولوغاي يركز في هذا المستوى على كلود برنار (C. Bernard) باعتباره ممثلا للفكر الديكارتي ومتأثرا به. ويقول في هذا الصدد على سبيل المثال ما معناه: " رغم المعلومات الدقيقة والمهمة التي قدمها هذا الرجل في مجال البيولوجيا فإنه من الضروري اليوم التخلي عن مفهومه للتجربة لأن الموضوعات العلمية تتسم حاليا وبصفة تصاعدية بالتعقد (Complexité). ويضيف ما مفهومه: "ليس في الإمكان الآن تعيين النتائج والعلل بسهولة. ومن ناحية أخرى فإن التجربة الحاسمة التي قال برنار (Expérience cruciale) أصبحت لاغية".

ويرى صاحبنا أن العلم الحديث يجب أن يعتبر التجربة كنسق معقد وأن الرائد على هذا الصعيد هو فيشر 1925 (Fisher). ونحن نعلم على كل حال أن النسقيين الذين عاصرهم الكاتب أكدوا بإلحاح على فكرة التعقد. وهذه الفكرة أساسية مثلا عند مورن (E. Morin) ولوموانى (Lemoigne) (وسيكون لهذه الملاحظة شأن كبير في ما سيأتي)[1].

- ويواصل المؤلف نقده للتوجه البرناردي في النص الخاص بمواجهة النموذج بالتجربة فيؤكد على أن التجربة لم تعد محبوسة في حدود المخبر إذ هي تقام في كل مكان تقريبا مثل المحيطات الفسيحة ومرتفعات الجبال الخ...

ويستنتج الكاتب من الفكرة الأخيرة ضرورة بناء أنساق تجريبية قابلة للتصور وينقد على هذا المستوى ماجندي (Magendi) أستاذ كلود بيرنار. فماجندي يصرح بما معناه: يحتاج المجرب إلى عينين وأذنين فقط لإدراك فحوى المعطيات الحسية وهو لا يحتاج البتة إلى عقل. ولوغاي يرفض هذا الرأي ويرى أن المجرب في حاجة أكيدة أيضا إلى العقل والتصور وهي فكرة تنتج في الحقيقة عن الأمثلة التي يعطيها للتجربة الخارجة عن حدود المخبر.

---

1 راجع لوموانى في La théorie du système général النسخة الرقمية لسنة 2006 (Lemoigne)

ب) وهكذا نأتي إلى ضرورة التصور العقلاني في التجربة كما يراها لوغاي وهي حقيقة يلح عليها الكاتب على كل حال في خاتمة مؤلفه حيث يرى أن انعدام المجهود العقلي والتصوري هو الذي يفسر ولو جزئيا البطء الواضح في حل بعض المشاكل الأساسية المعاصرة في البيولوجيا والاقتصاد.

ويذكر الكاتب على هذا المستوى الكاتب والرياضي الفرنسي رني توم مبديا تأثرا كبيرا بفكره.

ولوغاي يقول في هذا الصدد مؤكدا على أهمية التصور: "لقد أبرز رني توم لزوم العقلانية إلى العلماء (ونظن أنه يشير هنا إلى مقاله الشهير) (L'expérience: un mythe des savants et des épistémologues[1]) الذي يمثل محاضرة ألقاها توم أمام أهل الذكر كما قلنا سابقا) وإلى عامة الناس (والكاتب يلمح إلى بعض الكتابات الصحفية التي نشرها رني توم في هذا الموضوع)".

وقد أكد توم فعلا على ضرورة التأمل والنظر الملتصقين بالواقع لكنه رفض بصفة مطلقة الحاق التجريب في نمذجته وفي نسقه ملحا على أنه ممكن فقط في الفيزياء الأساسية ولا في الرياضيات الكيفية التي يتبناها. وقد بينا هذا كله بإطناب في الفصل الثاني من هذا المؤلف.

---

1 راجع: La philosophie des sciences aujourd'hui , Gauthier, Villars 1986

وبالتالي فلقد أصاب لوغاي عند تأكيده على البعد العقلاني عند رني توم. لكنه في الحقيقة لا يلتقى تماما مع توم الرافض للمنهج التجريبي خاصة وأن مجاله يخرج عن نطاق قوانين الفيزياء الأساسية.

- وبالتالي فالفكر التومي لا يمثل في الحقيقة المجال الأفضل للبحث في عقلانية التجربة المعقدة عند لوغاي. لذلك سنتحرك في ما يلي بعيدا عن فكر الرياضي الفرنسي لتحليل فكر لوغاي من الداخل وتحديد للنظر في علاقة النموذج بالمعطيات الحسية وتفرّعاتها. وهو لعمري موضوع أساسي عند صاحبنا.

يؤكد المؤلف على التوافق التام بين النموذج والمعطيات الحسية على الأقل في مناسبتين: 1) المرحلة السادسة من مراحل المنهج الكلاسيكي المتعلق ببناء النماذج حيث يؤكد على أن معيار صلاحية النموذج هو الوفاق مع التجربة. ويلاحظ في النص نفسه أنه يتوجب الحذر من نموذج لا يستجيب إلى هذا الشرط. 2) وفي الفقرة الخاصة بمخاطر استعمال النماذج يحذرنا الكاتب من إمكانية تناقضها مع المعطيات التجريبية. وفكرة التوافق بين النموذج والحسيات تقليدية اعترضتنا عند العديد من التجريبيين ونخص بالذكر المهتمين منهم بالنمذجة أمثال ردرفور وبور وغيرهما...

لكن لوغاي يفصل منهجيا بين الطرفين وفي هـذا الفصـل بـين الحسـيات والنموذج يجذب بوضوح هذا الأخير إلى التجريـد والفكـر. وهـذه العلاقـة بـين النظر والنموذج واضحة مثلا عند تصنيفه للنماذج الجدلية والفيزيائيـة إذ مـن الجلي أننا على مستوى انساق وبني مجردة في كلتا الحالتين.

وعند تحديد الكاتب لدور النماذج بالنسبة إلى المجربين يبـدو النمـوذج فكرة تساعد على التقـدم العلمـي. وعـلى كـل حـال فالنصـوص عديـدة حيـث التلميح لو التأكيد على أن النموذج فكرة بسيطة.

وفي نظر الكاتب النموذج باعتباره فكرة بسـيطة تختـزل مجموعـة مـن المعطيات الحسية وتفسرها مرتبط شديد الارتباط بوجهة نظـر معينـة. وهـذه الحقيقة واضحة مثلا في الفقرة الخاصة ببناء النماذج أيـن يـذكر المؤلـف عـدة وجهات نظر مؤدية إلى نماذج مختلفة: الطب، علـم البيئـة الـخ... وفي الإمكـان الحديث على هذا الصعيد عن "تعقلية" مضاعفة بما أن "وجهة النظـر" تربطنـا مباشرة بالفكر.

لكن القول بأن النموذج فكرة بسـيطة قـد يـدخل الكاتـب الـذي رفض التبسيط الديكارتي في تناقض واضح. وفي الحقيقة إن لوغاي بـريء من هذه التهمة على كل حال على هذا المستوى بالـذات. فهـو يؤكـد في

النص على ضرورة استعمال عدة وجهات نظر في نفس الوقت تتوافق مع عدة نماذج وسبب هذه التعددية في وجهات النظر وفي النماذج المرتبطة بها هو في نظره تعقد الأنساق في البحث العلمي الحديث (وقد أشرنا إلى هذا الأمر في بداية هذه الفقرة). وهذا الإيضاح موجود مثلا في مستوى الحديث في البناء الكلاسيكي للنماذج. وفي الفقرة الخاصة بمخاطر النمذجة يصرح الكاتب بأن استخدام وجهة نظر واحدة يفتح الباب على مصراعيه إلى الذاتية الخطيرة جدا في العلم المتسم أساسا بالموضوعية[1] ولوغاي يقارن على هذا الصعيد بين الوضعية التقليدية للفلاحة حيث يقع استعمال وجهة نظر واحدة وحالة نفس الاختصاص اليوم أين نستعمل نماذج ووجهات نظر كثيرة. والكاتب يحبذ طبعا المثال الحديث.

وهكذا يمكن للمؤلف أن يستنتج بيسر في خاتمة كتابه قائلا ما مفهومه: "للمسك بالتجربة المعقدة (التي تفرض علينا نفسها اليوم) من الضروري استخدام عقلانية معقدة (يعني متكونة من العديد من النماذج ومن وجهات النظر). "

1 والمقصود بالذاتية هو البعد الشخصي. ولمّا يتعلّق الأمر بالذاتية الإنسانية والكونية تأخذ العلاقة بالموضوع مدلولا آخر كما سنرى.

وهكذا يتخلص لوغاي فعلا من النهج الديكارتي ويمضي بصفة نهائية على المعنى الدقيق للعقلانية لديه وكذلك على رأيه الحقيقي حول التوافق بين العقل والتجربة.

وخلاصة القول:

1) لقد هجر لوغاي الاختزال الديكارتي بسبب التعقد غير القابل للتبسيط الذي يفرض نفسه علينا اليوم (في نظره). وقد طال التعقيد الفكر وموضوعه يعني التجربة. ويمكن القول على هذا المستوى أن مفكرنا قد تجاوز الكلاسيكية تحت تأثيرات معينة سنوضحها لاحقا.

2) ولكنه لم يفلت من الكلاسيكية تماما لقوله بعنصرين تميزها وهما: 1) التأكيد على ضرورة التجارب 2) الإلحاح على لزوم الوفاق بين الفكر (النموذج - وجهة النظر) والتجربة.

وفي عصره سيلغى العنصران وسيعتبر الفكر وحده مخزنا للتجارب[1].

1 راجع مفهوم النسق العام عند لوموايني مذكور Lemoigne

ب) مفهوم التجربة عند اتكنز: الكلاسيكية وعدم التناقض مع الفكر الديكارتي.

1) إن أول ما يطالعنا على هذا المستوى هو أهمية النظرية وأولويتها. 1) فالنصوص تدل بوضوح أنّ على المجرب أن يضع قبل كل شيء نظرية دقيقة وأنّ في إمكانه بعد ذلك القيام بتجاربه. وتصميم الكتاب وحده دليل على هذه الحقيقة.

وفعلا فالنصوص الأولى مخصصة إلى المعطيات النظرية (إلى حدود الفصل 6) وبقية النصوص مهتمة أساسا بالتجربة وعلى كل حال فمتن الكتاب يدل دلالة واضحة على هذه الفكرة:

- والنظرية نوعان: هناك النماذج النظرية الصرفة وثمة النماذج الرياضية. يقول اتكنز في الفصل الثاني من مؤلفه ما يلي:

"ان النموذج النظري هو تصور حركة مادة ما في نسق بيولوجي وان فكرة التجزئة الى خانات مختلفة conpartimentation اساسية لبناء هذه النماذج النظرية... أما النموذج الرياضي فهو نسق متكون من معادلات يقع استنباطها من النموذج النظري وتسمح بوصف تركزات concentrations المادة وكمياتها بحسب الزمن".

وواضح من هذا النص ان الـنماذج النظريـة الصرفـة لهـا الاولويـة عـلى النماذج الرياضية رغم ان جميعهما ينتمي الى النظر.

ويبرز الكاتب في ما بعدو في نفـس السـياق ان الـنماذج الرياضـية أكـثر عموميـة مـن الـنماذج النظريـة الصرفـة في التحليـل التجزيئـي (Analyse compartimentale) وذلك لأن عدّة نماذج نظرية نوعية يمكن أن تتطابق مـع نفس النموذج الرياضي.

ويصرح الكاتب في نفس الفصل (عدد2) بما يمكـن ترجمتـه عـلى النحـو التالي: "وغالبا ما يتولد عـن عـدة نمـاذج نظريـة نمـوذج ريـاضي واحـد بحيـث يستحيل البت في النموذج النظري الذي يقابله".

وعلى كل حال فمضمون الكتاب الذي نحن بصدده يمكن بكل يسر مـن التحقق من هـذه الفكـرة الاخـيرة ونقصـد أنـه رغـم تعـدد الـنماذج النظريـة واهمها النماج الساكنة (Stationnaire) حيث كميـة المـادة وسرعتهـا تتميـزان بالاستقرار والنماذج غـير السـاكنة أيـن تتغـير الكميـة والسرعـة فـان النمـوذج الرياضي واحد لا غير ويتمثل في معادلات تفاضلية (خطية عموما).

هذا وستتضح هذه الفكرة اكثر عنـد اهتمامنـا بالرياضـيات التأسيسـية. ومهما يكن من أمر فقد سبق لنا ان وقفنا عندها في عمل سابق[1].

ب) وهذا الجانب ببعديه (النظري والريـاضي) في حالـة وفـاق تـام مـع الواقع ومع التجارب. ويلـح الكاتـب عـلى هـذه الضرورة منـذ بـدايات عرضـه (يعني في الجزء الخاص بالنظر وقد ألمحنا إلى ذلك سـابقا). ومـن ناحيـة أخـرى فعند حديثه في الإجراءات التي يجب اتباعها لدراسة سلوك نسـق مـا بواسـطة راسم معين (... أو سائل بصفة عامة) Traceur يطالب اتكنز بتحليل المعطيات التجريبية بحيث نحسب بكل إعتناء شتى ثوابـت النمـوذج (راجـع الفصـل3). وفي السياق نفسه يقول المؤلف أنه يجب استبدال النموذج الحالي بآخر إذا مـا ثبت أنه لا يتوافق مع التجارب المقامة للغرض (وهو رأي كلاسيكي نجده عامـة عند التجريبيين. وجلي ان التحقق تجريبيا من النماذج النظرية (النظـر الصرف والرياضيات) أمر ضروري بالنسبة إلى المؤلف. وهذه الأهمية القصـوى دفعـت صاحبنا إلى ركوب جواد التماثل والقيـاس (Analogie, simulation) وفي هـذا الأمر يتحدث الكاتـب داخـل الفصـل6 مـن مؤلفـه حيـث سـتتأكد أكـثر فكـرة الوفاق المذكورة. وهو يعرض أولا أسباب هذا التوجه وهـي:

1 راجع بحثنا في بلاستير (Plastir) عدد 28 حول رني توم واتكنز.

1) يلاحظ الكاتب أولا أن عدة أنساق تنتمي إلى مجالات مختلفة يمكن أن ترتبط بنفس المعادلات الرياضية وهي بحسب نص اتكنز أنساق متشابهة (Analogues). وهو يرى أنه في الإمكان في هذه الحالة إستعارة الطريقة الخاصة بإحداها لإستعمالها في الأنساق الأخرى. فالتماثل إذن مهم جدا على هذا المستوى إذ يسمح بإستعارة الأنماط التجريبية.

2) ويلاحظ صاحبنا ثانيا أن الإختصاص الذي يبحث فيه يتميز بطول التجارب التي قد تدوم عدة ساعات وحتى عدة أيام. هذا مع العلم بحسب اتكنز أن التجارب في مجالات فيزيائية مشابهة لا تستمر إلا دقائق معدودات. ومن هذه الميادين الفيزيائية يذكر الكاتب:

- النماذج الهيدروليكية المائية (Hydraulique)
- الأجهزة الكهربائية التماثلية (Les dispositifs électriques analogiques)
- الآلات الحاسبة التماثلية (Les calculateurs analogiques)
- الآلات الحاسبة العددية (Les calculateurs numériques)

والكاتب يضبط بهذه المناسبة أسس هذه التشابهات العامة. ويؤكد مرة أخرى على ضرورة ملائمة النظرية مع المعطيات التجريبية (الفصل7). والجديد هذه المرة يتمثل أولا في إلحاحه على صعوبة هذه العملية. وعلى كل حال يجب أن يكون المجرب حذرا جدا ومنتبها للغاية والجديد أيضا هو تأكيد المؤلف على ضرورة اتباع بعض التعليمات نذكر منها:

1) إعادة التجارب بدون كلل.

2) إستخدام الإحصاء الذي يسمح بتقدير مدى الثقة في نتائج التجربة.

3) عند محاولاتنا للتوفيق بين النظرية والتجربة نعاين أن عدة نماذج تبدو صالحة وأخرى لا. ويتوجب إذن اختيار النموذج الأنسب.

وبالتالي وحسب ما تقدم بجب أن يتسم المجرب بصبر حقيقي حتى يؤمن التوافق بين النظرية والتجربة.

والتشابه العام واضح على مستوى صلة النظر بالواقع التجريبي بين لوغاي وأتكنز (مع مراعاة الفوارق طبعا) فهل يلتقيان أيضا على صعيد رفض الديكارتية ؟

في الحقيقة لقد قدم أتكنز عملا تقنيا لا وجود فيه للإشارات التاريخية باستثناء ما تعلق بتاريخ الصيدلة والبيولوجيا الذي يهمّ مؤلفه. وهو على كل حال لم يذكر ديكارت ومنهجه أبدا (خلافا للوغاي). ومن جهة أخرى لم يهتم ديكارت بالصيدلة. وانطلق من الرياضيات لوضع قواعد طريقته (مثلما هو معروف) لكن أساس هذه النمذجة هو التحليل كما يتضح من بحثنا للنّمذجة عند لوغاي وهي حقيقة لا مجال للشك فيها عند الحديث عن منهج ديكارت.

2) لنلاحظ أولا ان النمذجة عند أتكنز تسمى صراحة تحليلا تجزيئيا (Analyse compartimentale) وواضح ان هذه العبارة تتضمن فكرة التحليل بصفة مضاعفة (التحليل والتجزئة).

والفكرة واضحة ايضا عند اعتبارنا لمتن النظرية. اذ الامر يتعلق في نهاية الامر بانتقال المادة من خانة إلى أخرى والتحليل بمعنى التقسيم واضح تماما هنا. فقد وقعت تجزئة جسم الإنسان الى اجزاء عديدة حتى نفهم تحول المادة (الدواء مثلا) من خانة الى اخرى. أضف الى ذلك ففكرة البساطة المرتبطة بالتحليل الديكارتي ليست غريبة عن فكر اتكنز ويمكن استنتاجها منه بسهولة اذ عند اعتبارنا لأجزاء الجسم حيث تنتقل المادة نعاين انها بسيطة في شكلها وفي

مضمونها. فاذا مارجعنا الى الرسوم الهندسية التي يقوم بها الكاتب لتفسيرها نراها غير معقدة بالمرة. اضف الى ذلك فهندسة هذه الخانات دليل ضمني على فكرة الاختزال. ثم ان مضمون هذه الخانات بسيط ويمكن عده بسهولة.

ونحن نعلم من جهة أخرى أن هذه النمذجة مرتبطة كما أشرنا الى ذلك من قبل بديناميك قلنا أنها كلاسيكيّة خلافا للديناميك المعتمدة في النمذجة الكيفية التي قال بها رني توم. لكن هذه الديناميك لا تكسّر التحليل بل يمكن القول أنها تؤيده اذ هي ضرورية لتفسير الانتقال من خانة الى اخرى ولولا فكرة التجزءة التي تتطلب الانتقال لما احتجنا اليها.

- ومن جهة اخرى فالتحليل مضمر في البعد الرياضي الذي اشرنا اليه إذ من البديهي وحسب ما تقدم ان التحليل منتج للتكميم العددي وقد انخرط اتكنز فعلا في ممارسة العدد. فقد أشرنا في ما سبق الى التفاضل عنده وهذه الفكرة تؤدي في نسقه الى الحساب وصاحبنا ليس توم الذي يستنتج من العبارات التفاضلية اعتبارات كيفية وتبولوجيّة والذي أخرج التحليل من نمذجة والحقه بميدان الفيزياء الاساسية وقوانينها (راجع الفصل2).

وفي امكاننا القول اذن ان فكر اتكنز لا يناقض المنهج الديكارتي كما يبرز في التحليل الذي يمثل فعلا (عند رجوعنا الى متن قواعد الطريقة) جوهر المنهج المذكور.

وعلى هذا المستوى بالذات يختلف اتكنز القائل بالتحليل التجزيئي Compartimental عن لوغاي الرافض لديكارت رفضا قد يفوق ذلك الذي اتسم به الفكر النسقي (E. Morin, Lemoigne). والسؤال الشرعي هو كيف نفسر اوجه التشابه وكذلك الاختلافات بين المفكرين؟ للاجابة عن هذا الاستفهام لابد من مسائلة صعيد الاسس الذي عادة ما يتضمن الكشف عن التشابه والاختلاف.

II- الاسس من فكرة البرادايم الى التراوح بين علم العدد والهندسة وبين الافلاطونية والواقعية:

أ) البراديم:

وأول ما يتبادر الى الذهن هو فكرة البرادايم paradigme التي دوّنها توماس كوهن في كتابه الشهير (بنية الثورات العلمية). وهذا المفهوم الأساسي والاشكالي في المؤلف المذكور لا يهمّ الفكر الرياضي ابدا. والكاتب ينكر بصراحة كل ماهو فكر خالص ومنطق صوري الخ... ويمكن اعتبار نصه محاولة لنقاش المسائل الفيزيائية كما طرحها معاصروه مثل بوبار (Popper) والتيار المنطقي والتجريبي.

وخلاصة القول لقد نحت توماس كوهن الفيزيائي فكرة البرادايم لفهم الفكر الفيزيائي وتطوره. ونحن نفهم الآن لماذا لم نهتم بفكرة البراديم عند حديثنا في النماذج الرياضية

- ويختلف البراديم عن النموذج الفيزيائي على الأقل في أمرين:

1) يعطي كوهن للبرادايم وظيفة تاريخية مهمة جدا تجعل منه المحرك الأساسي لتطور الفيزياء عبر تاريخها: فهو أساس العلم السوي ويسمح له بتكديس الحقائق العلمية وتوحيد الجهود عوض التفرقة والتناقضات التي سبقت ميلاده (وهنا يلتقي في الحقيقة كوهن بالتجريبيّة المنطقية) وهو الذي يفسر وجود الثورات العلمية التي تتضمن القول بعدم صلاحية البرادايم السائد وبضرورة إستبداله بآخر تكون ملامحه العامة قد برزت. وبين هذين الطرفين توجد مرحلة تتميز بأزمة علمية خانقة يكون فيها البرادايم في حالة زعزعة شديدة. وهذا يحصل عموما عند بروز ملاحظات ونظريات جديدة لا يمكن للبرادايم الحالي تفسيرها.

وهذا البعد التاريخي كما أوجزناه غائب في النمذجة الفيزيائية كما تمثلت عند كل من لوغاي وأتكنز. وصلة التاريخ بالنمذجة على هذا المستوى تعني فقط أن النظرية شاهد على فترة تاريخية محددة. فقد كتب لوغاي ما كتب في المرحلة المعاصرة (التي لم نغادرها بعد)

حيث الصراع على أشده بين النسقية والفكر التومي فتأثر بالإتجاهين وقد ألمحنا إلى علاقة توم بلوغاي والتحاليل المقبلة ستوضح صلات صاحبنا بالنسقيين. أما أتكنز فقد لخص الفكر الصيدلي الذي بحث فيه مأشرا على وضعيته الراهنة.

2) ولنظرية البرادايم عند كوهن بعد يهم علم نفس الإدراك وهذا يعني ان للبرادايم وظيفة إدراكية بالإضافة إلى وظيفته التاريخية. فالكاتب يرى على هذا المستوى أن البرادايم يرتبط برؤية معينة للعالم تتغير. ولا يتعلق الأمر بمجرد مجاز بل بحقيقة لا مجال للشك فيها تجعل نيوتوني التكوين لا يرون الكون مثل أتباع أينشتاين. ولإيضاح فكرته وتفسيرها يستنجد الكاتب بعلم نفس الشكل psychologie de la forme حيث القول بأن الصندوق لا يرى بنفس الشكل من الفوق ومن التحت ويعتمد في الملحق لتفسير فكرته على العلوم العصبية كما فهمها neuro-sciences.

والنمذجة كما شرحناها (لوغاي واتكنز) خالية من هذه الخاصية الهامة هي الاخرى على صعيد البارادايم وكل ما يمكن قوله هنا هو أنه في الامكان استنتاج نظرية ادراكية من النماذج الفيزيائية المذكورة (وحتى غير المذكورة) فمثلا الادراك عند كل من لوغاي واتكنز ليس

حسيا فقط بل يقتضي أيضا تدخل العقل. وبذلك فقد ابتعد الرجلان عن الحسياويين القائلين بالإدراك الحسي المغيب للفكر (Berkely).

- ويقترب البارادايم من النموذج كما شرحناه في بعده الاجتماعي وباعتباره مرتبطا جدا بمجوعة تتبنّاه وتستعمله في الممارسة العلمية. وهي فكرة يؤكد عليها المؤلف في العديد من نصوصه. فهو يصرح في الملحق مثلا بما معناه ان البرادايم من الزاوية المعرفيّة (اذ هو يعني المثال والتلخيص- النموذج- الرسم البياني) غير متفصل عن بعده الاجتماعي الذي يجعل منه نمطا معرفيا متبعا من مجموعة من أهل العلم (وان حاولنا الفصل بين العنصرين منهجيا فهذا الفصل لا يصل الى الجوهر).

ولا غرابة اذن ان يقول الكاتب بعد ذلك: "يدير البرادايم مجموعة من العلماء ولا مجال علميا معينا. " ويضيف في السياق نفسه ما معناه: " كل بحث لدراسة تهم ادارة برادايم ما أو اضمحلاله يجب أن يبدأ بتعيين" localiser" المجموعات او المجموعة المسؤولة". وهذا يعني أن فكرة المجموعة ضرورية بالنسبة إلى البرادايم باعتباره مؤسسا للعلم السوي وهي كذلك بالنسبة إلى البرادايم المؤدّي إلى الثورة الخ... وفي الحقيقة فقد استبق الكاتب هذا البعد ومهد له عند

حديثه عن المنهج الـذي يتوجـب اسـتعماله. وفي نظـره إن الطريقـة التقليديّـة المعتمدة على القوانين وعـلى التقسـيم (fragmentation) غـير صـالحة وبـدل هذا المنهج العقيم بحسب رأيه ينبغي الإهتمام بالمناخ المعرفي لعالم مـا. ويمثـل المؤرخ الفرنسي كوئري النهج السليم الذي يجب الإقتداء به. فالمفكر الفرنسي لا يبحث في تكديس الحقائق وفي تاريخ ميلادها بل في المناخ الفكري الـذي عـاش فيه العالم. ويعطـي كـوهن مثـالا عـلى ذلـك يخـص مؤلـف كـوئري (دراسـات غاليلية) (Etudes galiléennes).

والمتأمل في الأمر مليا يرى أن إسهام كـوئري في نحـت مفهـوم الـبرادايم كبير رغم أنه لم يقم بهذا الإكتشاف.

والتشابه جلي حسب ما تقدم بين البرادايم والنموذج فالبعد الإجتماعي لازم وإن لم يفصح عنه (ويهمّ جميع أنواع النماذج رغـم أن كـوهن لا يهـتم إلا بالنماذج الفيزيائية) وكل نموذج بالمعنى الحقيقـي للكلمـة لـه أتبـاع يؤيدونـه ويعملون به، والفكرة التي قد يصدرها أحدهم وتلاقي عدم الاهتمام والاهمال لا تستمر.

وعلى كل حال فالنمذجة عند اتكنز تمثل تيارا كاملا شرحه الكاتب. وبالنسبة إلى لوغاي فهو يوضح وجهة نظر راهنة تقول بضرورة تعدد النماذج ووجهات النظر المختلفة لفهم الواقع المعقد.

- لكن البراديم أوسع من النموذج. إذ بالإضافة إلى البعدين الغائبين تماما في النمذجة المذكورة (التاريخ وعلم النفس الإدراكي) فهو يمثل جيلا من العلماء وفترة طويلة من العلم.

والكاتب يتحدث في هذا الصدد عن نيوتن باعتباره ممثلا لبراديم وكذلك القول بالنسبة إلى اينشتاين[1]. ويمكن القول إن النموذج يمثل مدرسة علمية لها أنصارها وان علاقته بالبراديم هي صلة المؤسِس (البراديم) والمؤسّس (النموذج). هذا وقد علمنا تاريخ العلم أن الإنتماء إلى براديمات مختلفة أمر جائز. فقد بينا في أعمال سابقة أن مفكري عصر التنوير ينتمون في المجال الميكنيكي إلى نيوتن لكن هذا لم يمنعهم من التأثر بفكر ديكارت وليبنتز العدوين اللدودين للميكانيك النيوتونية. وقد أكدنا خاصة على علم دالمبار وابرزنا مثلا أن هذا العالم يكرر قوانين الحركة عند العالم الانكليزي لكنه يخلصها

1 راجع مؤلف توماس كوهن – La structure des révolutions scientifiques (« Traduction » Flammarion 1972)

وراجع مقالنا حول كوهن في Plastir – رقم 26

من مفهوم القوة على الطريقة الديكارتية. هذا مع العلم أن هذا المفهوم أساسي عند نيوتن[1].

وعلى ضوء هذه الإيضاحات السّريعة في الإمكان البحث في البراديمات التي خضع لها كل من لوغاي واتكنز. والقارئ باعتناء لنص المفكر الأول يلاحظ سيطرة الفكر النسقي المعاصر له في النظرية التي قدمها للجمهور والتي تضمنها كتابه آنف الذكر. فمنطلق هؤلاء المفكرين هو القول بالتعقد (Complexité) على المستوايين الفكري والواقعي. ومن هذا المنطلق نراهم ينقدون بشدة متفاوتة المنهج الديكارتي التحليلي والاختزالي. وهذا التوجه واضح تماما عند لوغاي كما رأينا (بل إنّ كتابه يبدأ بهذه الفكرة). وأوجه الشبه بين لوغاي والتيار النسقي تتجاوز هذا الأمر. نذكر مثلا في هذا الصدد البعد الغائي (Téléologique). فقد أكد النسقيون في مؤلفاتهم أن نظرية النمذجة يجب أن تكون نفعية وتجر إلى غاية معينة وردد لوغاي هذه الفكرة بإلحاح قائلا أن النموذج ليس إلا أداة ووسيلة في البحث العلمي. وفي كلمة واحدة فعند قراءتنا لنص لوغاي نخال انفسنا أحيانا أنّنا نقرأ صفحات من مؤلّف لوموايني الخاص بالنّسق العام[2]. وفي الحقيقة إنّ

1 راجع كتابنا (L'épistémologie scientifique des lumières – L'harmatton 2001) وخاصّة الملحق الأول.

2 مذكور

تأثير النّسقين في مفكّرنا أكبر من تأثير توم فيه خاصّة أن البعد العقلاني الّذي ألحّ عليه لوغاي والّذي دفعه إلى ذكر الرّياضي الفرنسي جليّ تماما عندهم[1].

بيد أنّ مؤلف (التجربة والنّموذج) يبتعد عن مورن (Morin) ولوماني (Lemoigne) عند قبوله بضرورة التّجربة الّتي يعطيها مدلولا جديدا وغير كلاسيكي متأثّرا في ذلك بالنّسقين الذين يرون أنّ النّسق يكفي وحده لفهم الواقع لأنه يتضمّنه ويحتويه (Lemoigne) وهنا يكمن الاختلاف.

وخلاصة القول في الإمكان الإقرار أنّ الباراديام الّذي خضع له لوغاي هو النّسقيّه في عموميتها. لكنّ هاجسه التّجريبي جعله يلصق النسقية بالفكر التجريبي فعاتق هكذا هيكليّا براديام المنهج التجريبي.

- أما اتكنز فبقى على هذا المستوى الاخير. فقد لخص صاحبنا تقليدا في الصيدلة سابق للتيارات الفكرية المعاصرة. فجاءت نمذجته غارقة في الكلاسيكيّة. والمنهج التّجريبي كما يتجلّى في مؤلّفه ليس بعيدا عن بيكون وكلود برنارد (Claude Bernard) وغيرهما.

1 فالنسق العام يتناقض مع الحديث عن التجريب لأنه حسب صاحبه يمتص الواقع برمّته – راجع مؤلّف لوماني – مذكور (Lemoigne)

ويتّضح هكذا الاختلاف بين الرّجلين (لوغاي واتكنز). هذا ولعلّ البحث في التّراوح الموجود عند المفكّرين بين العدد والهندسة وبين الأفلاطونيّة والواقعيّة يفسّر أوجه الشّبه التي لاحظناها بينهما. وفي هذه الحالة ينبغي العثور على براديم موحد للطّرفين. ونودّ قبل ذلك تفسير أمر مهمّ في حد ذاته وبالنّسبة إلى التحاليل المقبلة. فعند حديثنا في الهندسة لا نقصد بالضرورة الممارسة الرياضيّة لهذا العلم فقط بل وأيضا النّتيجة الابستمولوجيّة لهذا العمل الرّياضي ونقصد المنحى الواقعي. وبالعكس من ذلك فعلم العدد يدلّ على التصرّف في الأعداد (الارتميتيقيا والجبر) وكذلك العقلانية والتّصوّر[1].

ب) التّراواح بين العدد والهندسة وبين الأفلاطونيّة والواقعيّة:

1) وعلم العدد بيّن تماما عند اتكنز (رغم وجود الكيف بصفة محتشمة جدّا في مؤلّفه) وهو يلحّ في هذا الصّدد على ضرورة تعلّم البيولوجي لهذا العلم رغم خوفه المستمر من التعامل مع الرّياضيّات العدديّة. ويؤكد على ضرورة حساب التفاضل في البيولوجيا عامّة وفي الصّيدلة بصفة خاصّة. ونحن نفهم هكذا لماذا يمثل هذا الفرع الرّياضي جوهر عمليّة التكميم في مؤلّفه ولماذا نلاحظ أن أساس التعليم الذي

1 ونقصد أنّ الهندسة أقرب إلى الاعتبارات الحسيّة وهذا أمر مهمّ. فقد كان نيوتن مهندسا لأنّه فيزيائي وأعطى لحساب اللامتناهي معنى هندسيّا والعكس هو الّذي حصل بالنسبة إلى ليبنتز الّذي اكتشف هذه التوعية من الرّياضيات في نفس الوقت.
راجع (L'épistémologie scientifiques des lumières) (مذكور) صفحة 78/76

يقدمّه المؤلّف في الملحقات إلى البيولوجيين هو حساب التّفاضل والتّكامل: فقد احتوت هذه النّصوص مثلا على تحوّلات لابـلاس (Les transformations de Laplace). وفي الحقيقـة إنّ هـذا الضّرب الرّيـاضي مخصّـص لنقـل المعـادلات التّفاضليّة المعقّدة جدّا إلى أخرى جبريّة يكون حلها أيسر.

أمّـا الحـديث في نفـس الإطـار عـن القوالـب والمحـدّدات الرّياضـية (Matrices, déterminants) فيهمّ حلّ المعادلات الجبريّة المعوّضة للمعادلات التفاضـلية. ومـن ناحيـة أخـرى فمفهـوم الفاعـل التّفاضـلي (Opérateur différentiel) المذكور في النّص فوظيفته هي تبسيط الحساب التّفاضلي الخ...

والتّكميم العددي ليس غائبا عن نصّ لوغاي. فالكاتب يشير إلى حساب الاحتمال عند ذكره لفيشار (Fisher) وإشارته إلى ضرورة اعتبار التّجربـة نسـقا معقّدا. وهو يربط هكذا مفهوم النّسق بالاحتمال كالنّسقين الذين قلنا إنه تأثّر بهم (وهو يلتقي مرّة أخرى بهذا التّوجه الفكري) ولا يمكن للوغاي أن يتجاهل عمليّة التكميم الّتي هي ركيزة أساسيّة للبراديم الّذي سيطر عـلى نمذجتـه كـما بينا. لكننا تعتقد أنّ قصر نصّه الذي هو في الأصل مجرّد محاضرة أمـام جمهـور متعطش لفهم النّمذجة جعله يكون أقلّ وضوحا من اتكنز على هذا المستوى.

- والهندسة غير غائبة عند اتكنز رغم أنه يعطيها دورا تمثيليا فقط (وهذا مؤشر على أنه يجنح إلى الاعتبارات الحسية والواقعية).

لنلاحظ أوّلا أنّ مفهوم الشّكل حاضر عند صاحبنا، وهو أمر فالإمكان إثباته عند تثبّتنا في ما يقوله الكاتب حول النّماذج النّظرية إذ نعاين بيسر أنّه يمثل مختلف الخانات بأشكال دائرية تفصلها أسهم تدل على بداية انتقال المادّة ونهايتها (راجع مثلا تصوّره للأنساق الثّابتة ذات الخانة الواحدة والأنساق الثابتة ذات الخانتين). وفي ميدان الأنساق غير الثابتة يمكن أن نذكر تصوره لامتصاص الدواء. وفي خصوص الأنساق غير الخطية (non linéaires) (إذ يمكن للأنساق الثابتة (Stationaire) وغير الثابتة أن تكون خطية (Linéaires) نلاحظ وجود الشكل الهندسي بالرجوع إلى الخط البياني الخاص بالنماذج النظرية ذات الأربع خانات الخ...

وبصفة عامّة فالنسيج الهندسي غير غائب في نص لوغاي رغم الغياب التام للممارسة الهندسية وهذا راجع إلى كون كتابه القصير يمثل مجرد محاضرة كما أسلفنا. لكن التوجه الهندسي برز بوضوح عند النقاش إذ أكد أحد المتدخلين أن النمذجة العلمية التي عرضها المحاضر لا تعدو أن تكون سوى نمذجة هندسية ولم يظهر لوغاي أي

معارضة لهذا الرأي. ولعل المتدخل أراد الإشارة إلى النمذجة الجبرية التي وجدناها عند تارسكي والتي تخلص فيها من الاعتبارات الحسيّة والواقعية كما رأينا.

ومهما يكن من أمر يمكن الحديث عند كل من لوغاي واتكنز عن نوع من التراوح بين علم العدد والهندسة. وهذا التراوح مرتبط في الحقيقة بآخر يفسره ويؤسسه ونقصد ذلك اللّذي يهمّ الأفلاطونيّة والواقعيّة الأرسطيّة.

2) لقد أسّس أفلاطون في الحقيقة (وذلك تحت تأثير المدرسة الفيتاغوريّة) عمليّة القيس والتّكميم. (وديكارت نفسه الذي نسبنا إليه هذا التّوجه يندرج في نهاية الأمر في الأفلاطونيّة من هذه الزّاوية بالذّات). وقد كان تارسكي وصحبه أفلاطونيّين كما بينا ذلك في الفصل الأوّل من هذا المؤلّف. والعلاقة كانت واضحة بين أفلاطونيتهم الأنتولوجيّة وتشبّثهم بالعدد من الناحية العلميّة. وما هروب رني توم من الأفلاطونيّة إلا دليل على رفضه للعدد في نمذجته. وقد لاحظنا في الفصل الثّاني من هذه الدّراسة هذه العلاقة السببيّة إذ رفض الرّياضي الفرنسي العدد وأفلاطون في نفس الوقت.

لكننا أثبتنا وجود الفكر الهندسي عند الرّجلين (لوغاي واتكنز) ممّا يعني أنهما لم يمشيا مع أفلاطون وتارسكي إلا نصف الطّريق وأنهما يقتربان من رني توم.

وفعلا فقد التصق العقل الرّياضي الأفلاطوني عند المفكّرين (لوغاي واتكنز) بالواقع عن طريق المنهج التجريبي الذي اعتمدا عليه (رغم الاختلافات الظّرفية). ومن الضّروري إذن الحديث عن البعد الأرسطي لهاتين النمذجيتين. إذ سبق أن بيّنا في تحاليلنا السّابقة أن أرسطو هو عنوان الواقعيّة مقارنة بمثاليّة أفلاطون[1].

لكن جرت العادة عند الابستومولووجين ومنذ أمد بعيد الحديث عن تعارض تام بين المنهج التّجريبي الحديث والتوجّه الواقعي عند أرسطو. ووجهة النظر هذه هي في الحقيقة امتداد للنّفس البيكوني النّاقد للأرسطية. ونريد بهذه المناسبة نقد هذا النّقد. لذلك سنطرح فكرتين.

1) إنّ التّأكيد على وجاهة اللّجوء إلى الواقع وعلى ضرورته يمثل الشرط الأساسي لكل مشروع تجريبي. إذ يجب قبل كلّ شيء القول بلزوم الرّجوع إلى الواقع حتّى نتمكّن بعد ذلك من القيام

---

1 وفي الحقيقة لقد كان أفلاطون مهندسا لكننا لا نقصد هنا المعنى الأفلاطوني واليوناني لهذا المصطلح (فأفلاطون واليونانيون لم يعرفوا فكرة الاتّصال (Continuité) المحدّدة للهندسة اليوم - راجع مؤلفنا (الرياضيّات والفيزياء عند أفلاطون وكانط) دار النهضة العربية - 2008 (الجزء الأول) - اكتفينا هنا بالبعد التكميمي عند أفلاطون فقط

بالتّجارب وحتى تكرارها (مثل ما هو ساند عند التجريبين). ونحـن واثقـون أنّ لوغاي واتكنز كانا مسكونين بهذا الهاجس الواقعي وبالتّالي فقد أسّـس أرسـطو للفكر التّجريبي عند قوله بالواقعيّة في اتجاه نقده للمدرسة الافلاطونيّة.

2) وإذا مـا أخـذنا بعـين الاعتبـار الفـارق الزّمنـي الشّاسـع بـين أرسـطو والمحـدّثين (وهـو أمـر ضروري) يجـب الاعـتراف بـأن المفكّـر اليونـاني قـد قـام بالعديد من التّجارب (المختلفـة بـالضرورة عـن التّجـارب الحديثـة) والنّصـوص تدلّ على هذه الحقيقة. فنحن نجد تجـارب بسـيطة في مؤلّفـه حـول الفيزيـاء تهـمّ اللامتنـاهي والخـلاء والزمـان. ويمكـن أن نـذكر أيضـا كتابـه حـول تـاريخ الحيوانات (L'histoire des animaux) حيث عاينّا وجود الملاحظة والتّجربـة وحتى التشريح[1].

ومهما يكن مـن أمـر ففـي دراسـته المتعلقـة بالنّشـوء والفسـاد (Traité de la génération et de la corruption) يـبرز أرسـطو أهمّيـة التّجـارب في الفيزيـاء ناقـدا المنـاهج الجدليـة المسـتعملة في المدرسة الأفلاطونية والمغيبة للاتصال بالواقع. وهو يقول مثلا على هذا المستوى ما معناه. "أنّ انعدام التجربة هو المسؤول عـلى الرؤيـة غـير

1 لا يمكن لأرسطوا في الحقيقة أن لا يقوم بتجارب وهو الّذي وضع شرط إمكانها كما بينّا.

الواضحة للطبيعة. لذلك فان اولائك الذين الفوا الاشياء الطبيعية أقدر من غيرهم على وضع المبادئ المتسعة جدا. وبالعكس من ذلك فاللذين يتشبثون بالبراهين ويعفون انفسهم من ملاحظة الظواهر مقتصرين على البعض منها فقط يبتعدون على الفهم الجيّد للطبيعة. وهكذا نرى أن الفرق كبير بين السبيل التصوري والطريق الفيزيائية (ويقصد التجريبية)" وواضح ان أرسطو في هذا النص الحديث في مضمونه يدحض المنهج المهمل للتجارب على الطريقة الافلاطونية ويختار منهجا يقتضي مسائلة الطبيعة بالتفصيل. ومهما يكن من أمر فقد توحد لوغاي واتكنز رغم الاختلافات التي سبق أن أشرنا اليها في تزويج العقل الرياضي بالواقع التجريبي وتمثل هذه النتيجة لب التيار الوضعي كما وضعه المفكر الفرنسي كونت وكما مهد له مفكرو عصر التنوير وخاصة دالمبار كما سبق أن أثبتنا في عدّة مناسبات لذلك فوحدة الرجلين تهمّ انتماءهما الى التيار الوضعي ويمكن القول بالتالي أنهما فكرا بطريقة وضعية كونت[1]. وعلى هذا المستوى بالذات نلاقي الرياضي رني توم بحسب تحاليلنا في الفصل السابق.

1 راجع بحثنا باللغة الفرنسيّة: (D'Alembert et la philosophie positive de Comte in Auguste Comte – La science, la société 2009.) وراجع بالنسبة إلى أرسطو مؤلفنا الجزء الأول - مذكور - René Thom et la modélisation scientifique

بيد أن لوغاي واتكنز يختلفاتن عن كونت على صعيد نوعية الواقعية (وقد قلنا نفس الشيء بالنسبة الى توم) فبينما يتحرك أب الوضعية في الاشياء في ذاتها (اذ لا شئ يدل أنه اعتبر فيتومينات) فان البعد المثالي الفينوميني واضح عند كل من لوغاي واتكنز. فقد أكد الاول على ضرورة وجهات النظر لفهم التعقد التجريبي والح في النقاش (رقم 5 ورقم 10) على لزوم العلاقة بين الأنا العارف وموضوع المعرفة. أما الثاني فتأكيده على أولوية النظرية الفكرية وضرورتها يجذبه نحو المثالية وهكذا يقترب الاثنان من الفلسفة الكانطية كما فعل توم رني (راجع الفصل السابق). وبهذه الصفة في الامكان القول انهما يتحركان على مستوى التجربة الممكنة الكانطية تماما مثل رني توم[1].

لكن توم قد تعرف عن قرب على الفيلسوف الالماني (فهو يذكره بدقة في نصوصه كما بينا) في حين أن لا شئ يدل في النصوص أن لوغاي واتكنز قد فعلا نفس الشئ. فقد كانا غارقين الى العنق في التقنيات العلمية ولم يتمكنا من الارتقاء الى المستوى الفلسفي. وقد كانت اشارات لوغاي الى ديكارت تحت تأثير المناخ

---

1 راجع مؤلفنا - René Thom et la modélisation scientifique – L’Harmattan – 2013 الفصل الأول والفصل رقم 3

الفكري والنسقي الذي كان ساندا في عصره. ومهما يكن من أمر فما يهمنا هـو رصد المثالية التي يمثل كانط احد رموزها البارزين.

ومن التحاليل السابقة يمكن استجلاء ملامح البراديايم الموحّـد. فقـد بينـا ان المندمجين يتفقان حول الوصل بين 1) التكميم الذي يجد دعامتـه الاساسـية من الناحية الانتولوجية في الافلاطونية (رغم أن افلاطـون لم يعـرف العـدد كـما نفهمه اليوم كما اسلفنا) 2) الواقعية التجريبية التي رصـدنا اساسـها الفلسـفي قبل كل شي عند ارسطو. ونحن الى حـد الان لم نغـادر الفهـم الوضـعي للعلـم. فقد فهم كونت العملية العلمية باعتبارها تؤلّف بين العقل الرياضي التكميمي والوقائع التجريبية.

وبعد ملاحظتنا ان لوغاي واتكنز لم يهتمّا في الحقيقة بالأشـياء في ذاتها بل بصورها تحـدثنا عـن وجـود المثاليـة عنـدهما. ولا تعتقـد أننـا وقعنـا هكـذا في التنـاقض عنـد اقرارنـا بالواقعيـة الارسـطية وبالتجربـة الفينومينيّة في نفس الوقت. فقد علمنا هـذا الفيلسـوف اليونـاني كيـف نتجاوز الانغلاق العقـلاني عنـد افلاطـون (وعـلى كـل حـال كـما فهمنـاه في هذه الدراسة حيث يرمـز الى الاهـمال الكامـل للتفاصـيل الطبيعيـة) للاهتمام بالشؤون الطبيعية التي يمكن أن تتأثر بفعل الذات الانسـانية. بحيـث لا تعـارض في مـا نـرى بـين الواقعيـة الارسـطية والمثاليـة عـلى

الطريقة الكانطية التي تبقى على اهمية الواقع لكنّها تربطه بالذات الانسانية (خلافا للمثاليين الاخرين امثال بركلي وديكارت الخ....)[1].

وواضح أن البراديم المطلوب هو الفيزياء الرياضية في شكلها العام رغم أن لوغاي وأتكنز ليسا من الفيزيائيين كما يتجلى بوضوح في مؤلفيهما، لكن الفيزياء الرياضية باتت منذ مدة النموذج الأصلي لكل من يرنو إلى العلميّة (ولعلّ البداية كانت في عصر التنوير عند اعتبار الفيزياء الرياضية النيوتونية عنوانا للعلم)

والمتتبع لهذا العلم النموذجي يقرّ بـ:

1) أن التكميم يمثل خاصيّة أساسية فيه وأن هذا الوجود الجوهري لا يلغي الهندسة بإعتبارها تساعد في عملية القيس. هذا والملاحظ في هذا الصدد سيطرة نوعين من الرياضيات التكميمية عبر تاريخ الفيزياء وهما 1) حساب التفاضل والتكامل 2) حساب الإحتمال الذي لا يبطل أهميّة حساب اللامنتهي وقد درسنا هذه المسالة في عمل سابق[2].

---

1 وهذا يعارض طبعا الرّأي السّائد والقائل بالاختلاف الكلّي الذي يصل إلى حد التناقض بين أرسطوا وكانط. وفي رأينا يمثل الثاني امتدادا للأول كما يتّضح من تحاليلنا.

2 راجع كتابنا (إحياء الماضي) دار النّهضة العربيّة بيروت 2008.

2) أن التجريب ملازم هو الآخر للفيزياء الرياضيّة ولعلّ الأمر بدأ بالفيزياء النيوتونية التي انتجت ضدّ العقلانية الديكارتية متأثرة إلى حد ما بالنهج البيكوني. ويجب ذكر غاليلي أيضا في هذا الصدد ونتحدث اليوم عن ضربين من الفيزياء الرياضية وهما:

1) الفيزياء التجريبية مثل الفيزياء النووية.

2) الفيزياء النظرية التي يمثلها اينشتاين مثلا. بيد اننا نحتاج في الحالتين إلى التجربة. ففي المستوى الأول نمارسها بصفة فعلية أما في الحالة الثانية فنحن نلجأ إليها لتبرير المعطيات النظرية والتحقق من صدقها.

وفي ما يهمّ البعد المثالي للفيزياء الرّياضية نلاحظ اولا أنه من الصعب جدّا تصوّر العالم وهو متخلصا تماما من مشاعره ومن تكوينه الثقافي والأيدلوجي بإسم الموضوعية. ولعلّ الإختلاف الموجود بين علماء ينطلقون من نفس المعطيات ويعيشون في نفس الظروف الفكرية تقريبا دليل على ما نقول. لنفكر مثلا في العداء الّذي وجد بالفعل بين النيوتونية والدّيكارتية وبين نيوتن وليبنتز وقريبا منّا لنتذكّر الاختلافات المعلنة بين اينشتاين من ناحية وبوانكري ولورنتز من جهة أخرى... هذا واينشتاين نفسه عبّر في (تطور الأفكار في الفيزياء) بطريقته الخاصّة عن هذا البعد المثالي للعلم الطبيعي[1].

---

1 راجع L'évolution des idées en physique -1948 وراجع أيضا كتابنا (اينشتاين وفيزياء الذّرة) - دار النهضة العربية - 2006 الباب 2 - الفصل 2 (منه).

وعموما فهذه المثاليّة لا تنفي وجود الموضوع بل تعتبر أنّه متأثّر بالذّات وخاضع لها. ونعتقد أنّ أوّل من حدد الموضوعيّة العلميّة بهذه الصّفة هو كانط وذلك في (نقد العقل الخالص) (راجع الفصلين الأوّلين منه). بهذه الصّفة فهو لا يناقض أرسطو بل يدفقه[1].

هذا وقد بحثنا في هذه الخصائص للفيزياء الرّياضية في عدّة مناسبات، وبينّا أنّها متدلّية (إنّ صح هذا التّعبير) بالمفهوم الّذي بدونه لا يمكن فهم البرنامج التّربيضي والتّجريبي برمّته. فهو المصدر والمرتب والمنظّم. وأعطينا مثال مفهوم السّقوط الحر عند غاليلي المسؤول الأوّل عن التربيضات الغاليليّة وتجاربه. كما تعرّضنا إلى التّصور الاينشتايني للنسبيّة الذي فرض توجّهات رياضيّة معيّنة والاستنجاد بتجارب دقيقة ولعلّنا نلامس هكذا المثالية المذكورة[2].

خاتمة الفصل: النماذج التجريبيّة والنّماذج الرّياضية.

أ) لقد انطلقنا في هذا الفصل من النّموذجين التّجريبيين عند كلّ من اتكنز ولوغاي. وقد أوصلتنا التّحاليل إلى العثور على أوجه تشابه متأكّدة بين النّمذجتين. وحاولنا بعد ذلك تفسير هذه الوضعية المزدوجة

---

1 راجع مؤلفنا – L'espace et le temps chez Newton et Chez Kant, L'Harmattan 2002 – الباب الأوّل

2 راجع مؤلّفنا L'esprit scientifique et la civilisation arabo-musulmane 2002 وخاصة الجزء الثالث.

بالرّجوع إلى مستوى الأسس الّذي عادة ما يـفسر ما هـو خفـيّ. فاعتبرنـا أوّلا فكرة البراديم الّتي وضعها توماس كوهن لفهم الفيزياء وتطوّرهـا فقـط. وتبـيّن لنا أنّ المنمذجين ينتميان إلى براديمين مختلفين وهذا الأمر يفسّر الفارق بينهما. فقد تبنى لوغاي (بوضوح) النسـقية البنائيـة (Constructivisme) وأخضـعها (رغم انف أصحابها) إلى المنهج التجريبي. أمّا أتكنز فقـد اكتفـى بإتّبـاع المـنهج التجريبي الكلاسيكي عموما.

وبعد النظـر في الأسـس الرياضـية والفلسـفية اتضـح لنـا أن المنمـذجين يندرجان في برادايم موحّد وهو الفيزياء الرّياضية في عموميتهـا، وهكـذا نكـون قد فسّرنا التقاء النمذجتين أيضا.

ب) وفي الإمكـان فهـم هـذه النمذجـة التجريبيـة بمقارنتهـا بالنمذجـة الرياضية في شكلها التارسكي والتومي. فالإختلافـات عديـدة بـين الطـرفين لعـل أهمها وأبرزها الغياب الطبيعي للتجريب على المسـتوى الريـاضي. بيـد ان تـوم يبدو أقرب إلى التجريبيين رغم رفضه للمنهج التجريبـي في نمذجتـه، فقـد أكـد هذا الرياضي الفرنسي على ضرورة المنطلـق الـواقعي. ولا غرابـة إذن أن يلتقـي مع المجرّبين أنتولوجيا على صعيد الواقعية في شكلها الأرسطي والكانطي.

ولكن التجـريبيين (لوغـاي وأتكنـز) لم يتخلّصـوا مـن الإرث الريـاضي في شكله العددي خاصّة. وبذلك فقد إقتربوا مـن تارسـكي ومـن الأفلاطونيـة التـي تؤسس نمذجته وابتعدوا في الوقت نفسه عن توم الناقد للعدد وللأفلطون .

الخاتمة العامّة

النمذجة العلميّة والمنهج الدّيكارتي

الخاتمة العامّة

النمذجة العلميّة والمنهج الدّيكارتي

1) ويتّضح من تحليلنا أنّ أداة العمل في النّمذجة العلميّة هو العقل في شكله الرّياضي وأن موضوعاتها ومجالات التّطبيق فيها هي إمّا المجرّدات يعني الواقع بالمعنى الأفلاطوني (ونذكر في هذا الصّدد تارسكي) أوالواقع الحسّي (رني توم، لوغاي وأتكنز).

هذا وقد كان للرّياضيّات والفلسفة دور تأسيسي سمح لنا بفهم العلاقات بين المصدر والموضوع وإيضاحهما. فعلم الأعداد والأفلاطونية يفسّران صلة التّجريد المصاحبة لكل أنواع النّماذج المذكورة، أمّا أرسطو (وامتداداته) فقد دلّنا على طريق الواقعيّة. وقد احتجنا إلى الهندسة للمضيّ قدما في هذا السّبيل. والتّقارب جلي على هذا المستوى بين النّمذجة التّوميّة والنّمذجة الفيزيائيّة رغم رفض رني توم للمنهج التّجريبي في نسقه وحصره له في الفيزياء الأساسيّة، هذا وقد كانت لفكرة البراديم عند توماس كوهن مهمّة توضيح تلكم الصّلات داخل النماذج الفيزيائية.

هذا وقد كان النّسقيون ولوغاي على حقّ عندما أكّدوا على البعد الغائي والنّفعي للنّمذجة العلمية. وهذه الحقيقة تتجلى مما سبق. فالمنطلق الرّياضي يهدف دائما إلى فهم واقع معيّن هو إمّا الواقع الرّياضي أو الواقع الحسّي[1].

2) وقد تعالت هذه الأيّام أصوات عديدة صادرة أساسا عن الاتجاه النسقي والبنائي (E Morin, Lemoigne) (وأيضا لوغاي) تقول باختلاف النّمذجة العلميّة عن المنهج الديكارتي التحليلي والاختزالي وبضرورة استبدال هذا الأخير بالنّمذجة في العلم[2].

ويستند أصحاب هذا الرّأي أساسا إلى ملاحظة أن الواقع الفكري والحسّي اليوم معقّد جدّا بحيث يصبح التبسيط الديكارتي مستحيلا.

بيد أنّ المتمعّن في الأمر يرى أنّ هؤلاء القوم لم يتخلّصوا في كتاباتهم من الديكارتيّة. فقد أبقوا (وبكثافة) على التكميم والمنطق الاستنباطي. وهما بعدان ملازمان للتحليل الدّيكارتي. ثم إنّ التبسيط مضمر في أعمالهم.

1 لكن المفكرين المذكورين يعطون للنفعيّة معنى أكثر دقّة - راجع لوموانى ولوغاي (مذكورين).

2 ولوغاي أكثر دقّة من الآخرين رغم تأثّره بهم (راجع الفصل 3 من هذا الكتاب).

فقد تحدّث لوغاي الذي يعتبر من هذه النّاحية (إمتدادا للنسقية) عـن وجهات النّظـر البسـيطة وعـن الـنّماذج البسـيطة. أمّـا لومـواني (Lemoigne) (وهو أحد روّاد النسقية في فرنسـا). فقـد تكلـم في المطـوّرات (Processeurs) البسيطة وفي الأنساق المركّبة والمتكوّنة من أنساق بسيطة (راجع الجـزء 3 مـن مؤلفه الأهم حول النسق العام) الخ[1].

ومن ناحية أخرى فقد إقترب معاصرهم رني توم من التّحليـل الـدّيكارتي عند إقراره بالكوارث الرّياضية الأصليّة ولمّا صرّح بوجاهة التّبسـيط في الفيزيـاء الأساسيّة وأيضا عند استعماله للتّحليل الديكارتي في أعمالـه الخاصّـة بالألسـنية رغم أنّ هذا الرياضي الكبير انفصل رياضيّا عن سلفه ديكـارت الّـذي لا يرضـيه تماما[2]. وعلى كل حال فهؤلاء النّاقدون للتحليل الدّيكارتي (بمن فيهم تـوم) هـم من أبرز المحلّلين عند عرض أفكارهم. ونعتقـد أنـه مـن الصـعوبة بمكـان محـو الطريقة الاختزاليّة الدّيكارتية وأنـه مـن الممكـن أن يتعـايش هـذا المـنهج مـع النّمذجة العلميّة. فالعقل الإنساني المتعطّش دائما للفهم استنبط عدّة أسـاليب في الإمكان استعمال ما يراه صالحا منها في الظّرف المناسب.

---

1 راجـع خاتمـة مؤلفنـا بالفرنسـيّة: Réné Thom et la modélisation scientifique (مذكور)

2 راجع مقالنا في المجلة الالكترونيّة Plastir وعنوانه:
Réné Thom et l’analyse cartésienne (mathématique et linguistique)

المصـــادر والمراجـــع

أهمّ المصادر والمراجع
المستعملة في هذا الكتاب

1) المصادر الأساسيّة:

- GL Atkins: Modèles à compartiments multiples pour les systèmes biologiques-Gauthier Villars 1973. (Traduction)
- J M Legay: Expérience et modèle: un discours sur la méthode. Ed Qae 1997.
- R. Thom: - Stabilité structurelle et morphogenèse, interédition 1972.
- Modèles mathématiques de la morphogenèse, union générale de l'édition 1974.
- A Tarski – Logique, sémantique, métamathématiques (Traduction, Granger)-Ed. Collin T_1 (1972) V_2 (1974).

2) مصادر أخرى:

- G Boole: The mathématical analysis of logic, Oxford 1950.
- R. Carnap: Introduction to Semantics, Cambridge 1942.
- A Comte: Cours de philosophie positive-Hermann 1975.
- G Frege: Ecrits logiques et philosophiques – Traduction Embert – Seuil 1971.
- E. Kant: La critique de la raison pure Ed, la Pléade.
- TKuhn: La structure des révolutoires scientifiques-Flammarion 1972 (Traduction).
- L Lemoigne – La théorie du système général, collection des classiques 2006.

- Platon: La république, œuvres complètes les belles lettres.
- Russel – The principals of Mathématics, Cambridge 1903.
- Principia mathématica (avec Whitehead) Cambridge 1910-1913.
- L. Wittgenstein: Tractatus – traduction à Londres en 1963.

3) المراجع الأهمّ:

- A. Bachta – René Thom et la modélisation scientifique- L'harmattan 2013.
- Paradigne et histoire des sciences chez Kuhn – Plastir n°26
- René Thom, critique des sciences cognitives - Plastir n°27
- La théorie des catastrophes et son fondement ontologique chez Lemoigne et Thom – Plastir N°32
-René Thom et l'analyse cartésienne (mathématique et linguistique) Plastir n°35.
- A. Bonnet – L'intelligence artificielle – Promesses et réalités – Inter edition 1984
- M. Chaperon – Stabilité structurelle et morphogenèse- Ed Peter Lang 2000.
- LP Couffignal – Les notions de base, Gauthier villars 1962
Harry Field – Tark's Theory of Truth, in journal of Philosophy n°69
-P. Grenet – Aristote Vrin 1962
-P. Jacob – L'emprisme logique, vrin 1962.

محتويات الكتاب

الفصل الثالث

النمذجة الفيزيائية عند أتكنز ولوغاي

الدار التونسية للكتاب

بلقاسم المرزوقي

الكوليزي مدرج - د - الطابق الأول مكتب 130

43 - 45 شارع الحبيب بورقيبة - تونس

الهاتف / الفاكس: 33 98 33 71

98441468/24512626

البريد الالكتروني: mtl.edition@yahoo.fr

عبد القادر بشته

متحصل على:

- أستاذية في اللغة والآداب الفرنسية من تونس سنة **1968**.
- الإجازة في الفلسفة، دار المعلّمين العليا تونس.
- دكتوراه الدّولة في الفلسفة، اختصاص فلسفة العلم وتاريخه (باريس **1983**).

درّس:

- درّس الفرنسية والفلسفة بالمعاهد الثانوية بالجمهورية التونسيّة.
- درّس الفلسفة بالجامعة التونسية وبالإمارات.
- يدرّس حاليا تاريخ العلم بالمدرسة العليا للتقنيات (**ÉCOLE POLYTECHNIQUE**) بالمرسى.

المؤلفات:

- **24** كتابا (**12** بالفرنسية و**12** بالعربية).
- ما يقارب **100** مقالا بالعربية والفرنسية.

الإشراف والندوات:

- أشرف على **15** رسالة جامعية (ماجستير ودكتوراه).
- شارك في عدد كبير من الندوات العلمية (وترأس البعض منها)، تونس وفرنسا والدول العربية والغربية.
- ترأس وحدة البحث (الفلسفة والعلم) والعديد من لجان الانتداب (التي كان عضوا في البعض منها).

ونذكر من الامتيازات الأخرى:

- حصوله على ضيف شرف للخارجية (من سنة **1979** - **1981**) الفرنسية من أجل البحث في مجال اختصاصه.
- انتدابه سنة **1989** أستاذا محاضرا بجامعة باريس **10** (لكنه لم يباشر هذه المهمة لأسباب مختلفة).
- انتخابه عضوا مراسلا باللجنة الفرنسية المكلفة بالعلوم وتاريخها **CTHS** والتابعة لوزارة التربية بفرنسا سنة **1993** (راجع الرائد الرسمي للجمهورية الفرنسية).
- نائب رئيس الجمعيّة الفلسفية العربيّة وعضو ممثل لتونس ببيت الحكمة (العراق) خلال التسعينات.

الدار التونسية للكتاب

الثمن: 10،000 د.ت

9 789938 890495